

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant(s) Masahiko KIMBARA, and Yoshihiro ISOGAI

Serial No TBA

Filed August 30, 2000

For : HYDROGEN SUPPLY SYSTEM FOR FUEL CELL

J-0862 U.S. PTO
09/651694
08/30/00

CLAIM TO CONVENTION PRIORITY

Box Patent Application - FEE
COMMISSIONER FOR PATENTS
Washington, D.C. 20231

Sir:

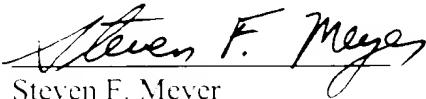
In the matter of the above-identified application and under the provisions of 35 U.S.C. §119 and 37 C.F.R. §1.55 applicant(s) claim(s) the benefit of the following prior application:

Application filed in : JAPAN
In the name of : Masahiko KIMBARA, et al.
Serial No. : 11-243182
Filing Date : August 30, 1999

[X] Pursuant to the Claim to Priority, applicants submit a duly certified copy of Japanese Serial No. 11-243182.

Respectfully submitted,

Date: August 30, 2000


Steven F. Meyer
Registration No. 35,613

CORRESPONDENCE ADDRESS:
MORGAN & FINNEGAN, L.L.P.
345 Park Avenue
New York, New York 10154
(212) 758-4800
(212) 751-6849 Facsimile

日本国特許庁
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

J.962 U.S. PTO
09/651694
06/30/00

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application: 1999年 8月30日

出願番号
Application Number: 平成11年特許願第243182号

出願人
Applicant(s): 株式会社豊田自動織機製作所

2000年 5月19日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

近藤 隆彦

出証番号 出証特2000-3036189

【書類名】 特許願

【整理番号】 P991260

【提出日】 平成11年 8月30日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01M 8/04

【発明の名称】 燃料電池用水素供給システム、燃料リサイクル方法、液体運搬用移動体、給油設備及び燃料リサイクルシステム

【請求項の数】 21

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県刈谷市豊田町2丁目1番地 株式会社 豊田自動織機製作所 内

【氏名】 金原 雅彦

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県刈谷市豊田町2丁目1番地 株式会社 豊田自動織機製作所 内

【氏名】 磯貝 嘉宏

【特許出願人】

【識別番号】 000003218

【氏名又は名称】 株式会社 豊田自動織機製作所

【代理人】

【識別番号】 100068755

【住所又は居所】 岐阜市大宮町2丁目12番地の1

【弁理士】

【氏名又は名称】 恩田 博宣

【電話番号】 058-265-1810

【選任した代理人】

【識別番号】 100105957

【住所又は居所】 東京都渋谷区代々木2丁目10番4号 新宿辻ビル8階

【弁理士】

【氏名又は名称】 恩田 誠

【電話番号】 03-5365-3057

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 002956

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9721048

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 燃料電池用水素供給システム、燃料リサイクル方法、液体運搬用移動体、給油設備及び燃料リサイクルシステム

【特許請求の範囲】

【請求項1】 含水素有機系化合物からなる液体燃料を貯蔵する燃料液貯蔵手段と、

前記燃料液貯蔵手段から取り出された燃料を脱水素反応させて水素と有機系反応生成物とに分離する脱水素反応手段と、

前記脱水素反応手段で燃料から分離された水素を燃料電池に供給するとともに、脱水素後の反応生成物を液体で回収する気液分離手段と、

前記気液分離手段により回収された反応生成物よりなる回収液を貯蔵する回収液貯蔵手段と

を備えている燃料電池用水素供給システム。

【請求項2】 請求項1に記載の燃料電池用水素供給システムにおいて、

前記燃料液貯蔵手段と前記回収液貯蔵手段は共に容積可変構造を有し、燃料の消費により前記燃料液貯蔵手段が容積を減少させた空間に、前記回収液貯蔵手段が容積を増加させるように構成されている燃料電池用水素供給システム。

【請求項3】 請求項2に記載の燃料電池用水素供給システムにおいて、

前記燃料液貯蔵手段と前記回収液貯蔵手段は、共通の容器と、該容器内に移動可能に設けられた可動仕切とを備え、該移動仕切の両側に分離された二室の貯蔵室としてそれぞれ構成され、前記可動仕切は燃料の消費による燃料の減量と回収液の増量とをバランスさせるように自律的に移動する燃料電池用水素供給システム。

【請求項4】 請求項1～3のいずれか一項に記載の燃料電池用水素供給システムにおいて、

前記回収液は可燃性であり、前記回収液貯蔵手段に貯蔵された回収液を熱源として燃焼させる燃焼手段を備えている燃料電池用水素供給システム。

【請求項5】 請求項1～4のいずれか一項に記載の燃料電池用水素供給システムにおいて、

前記脱水素反応手段は、前記燃料電池の廃熱を利用してその吸熱反応の熱源とする燃料電池用水素供給システム。

【請求項6】 請求項5に記載の燃料電池用水素供給システムにおいて、

前記燃料電池の廃熱を前記燃料の脱水素反応が進む脱水素反応温度まで昇温させる第1のケミカルヒートポンプを少なくとも一段備え、前記脱水素反応手段は該第1のケミカルヒートポンプによって昇温された発熱を熱源とする燃料電池用水素供給システム。

【請求項7】 請求項5又は6に記載の燃料電池用水素供給システムにおいて、

前記反応生成物の水素化反応により前記燃料を再生する水素化反応手段を備え、前記脱水素反応手段と前記水素化反応手段とにより水素化脱水素反応系よりなる昇温型の第2のケミカルヒートポンプを構築し、該第2のケミカルヒートポンプを構成する前記水素化反応手段の発熱を排熱する排熱手段を備えている燃料電池用水素供給システム。

【請求項8】 請求項1～4のいずれか一項に記載の燃料電池用水素供給システムにおいて、

前記燃料電池の廃熱を昇温するための少なくとも一段のケミカルヒートポンプと、

前記少なくとも一段のケミカルヒートポンプによって昇温された昇温温度の発熱を排熱するための排熱手段と

を備えている燃料電池用水素供給システム。

【請求項9】 請求項8に記載の燃料電池用水素供給システムにおいて、

前記ケミカルヒートポンプは多数段設けられ、そのうち一段が前記脱水素反応手段を構成する脱水素反応器を吸熱反応器とする水素化脱水素反応系のケミカルヒートポンプである燃料電池用水素供給システム。

【請求項10】 請求項6～9のいずれか一項に記載の燃料電池用水素供給システムにおいて、

前記燃料電池の廃熱を昇温させるケミカルヒートポンプは、前記燃料電池の作動温度で脱水素反応が進む含水素有機系化合物を使用する吸熱反応手段と、該吸

熱反応手段での脱水素反応による反応生成物の水素化反応を利用する発熱反応手段とを備え、前記吸熱反応手段は前記燃料電池に内蔵されている燃料電池用水素供給システム。

【請求項11】 請求項10に記載の燃料電池用水素供給システムにおいて

前記吸熱反応手段は、前記燃料電池を構成するセパレータの燃料極面と空気極面との間に触媒を担持した反応通路を有するようにセパレータと一体的に設けられている燃料電池用水素供給システム。

【請求項12】 請求項7～11のいずれか一項に記載の燃料電池用水素供給システムにおいて、

前記排熱手段は、排熱の熱エネルギーを電気エネルギーに変換して発電をする発電手段を備えている燃料電池用水素供給システム。

【請求項13】 請求項12に記載の燃料電池用水素供給システムにおいて

前記発電手段は、排熱の熱エネルギーを使って駆動される熱機関と、熱機関の動力を使って発電する発電機とを備えている燃料電池用水素供給システム。

【請求項14】 請求項13に記載の燃料電池用水素供給システムにおいて

前記熱機関はスクロール式膨張機である燃料電池用水素供給システム。

【請求項15】 請求項7、10～14のいずれか一項に記載の発明において、

車載用の燃料電池用水素供給システムであって、車両の走行終了を検出すると、前記燃料電池への水素供給を止めて、前記脱水素反応手段を有するケミカルヒートポンプをエネルギー吸支が成り立つ範囲内で余熱運転する余熱運転制御手段を備えている燃料電池用水素供給システム。

【請求項16】 請求項1～15のいずれか一項に記載の燃料電池用水素供給システムを構成する前記回収液貯蔵手段から外部へ回収された回収液を液体運搬用移動体により運搬する回収液運搬工程と、運搬した回収液を燃料再生手段により水素化反応させて燃料を再生する燃料再生工程と、再生された燃料を液体運

搬用移動体により燃料電池用水素供給システムの燃料液貯蔵手段へ供給することが可能な場所まで運搬する燃料運搬工程とを少なくとも備える燃料電池用水素供給システム用の燃料リサイクル方法。

【請求項17】 請求項16に記載の燃料電池用水素供給システム用の燃料リサイクル方法において、前記燃料電池用水素供給システムは燃料電池の電力で走行駆動される車両に搭載されたものであって、該車両は燃料を給油する際に給油設備の燃料液貯蔵手段から燃料を車両の燃料液貯蔵手段に給油するとともに、車両の回収液貯蔵手段から回収液を給油設備の回収液貯蔵手段へ回収し、前記回収液運搬工程では前記給油設備の回収液貯蔵手段から回収された回収液を燃料再生手段に運搬し、前記燃料運搬工程では、再生された燃料を給油設備へ運搬してその燃料液貯蔵手段に供給する燃料電池用水素供給システム用の燃料リサイクル方法。

【請求項18】 請求項16又は17に記載の燃料電池用水素供給システム用の燃料リサイクル方法において使用される液体運搬用移動体であって、該移動体が搭載する液体運搬用タンクは、燃料を貯蔵するための燃料室と、回収液を貯蔵するための回収室との二室を区画するとともに両室の容積を液量変化に応じて自律的に変化させる可動仕切を備えている液体運搬用移動体。

【請求項19】 請求項17に記載の燃料電池用水素供給システム用の燃料リサイクル方法において使用される給油設備であって、燃料と回収液を貯蔵するためのタンクを備え、該タンクは、燃料を貯蔵するための燃料室と、回収液を貯蔵するための回収室との二室を区画するとともに両室の容積を液量変化に応じて自律的に変化させる可動仕切を備えている給油設備。

【請求項20】 前記燃料電池と、請求項2～15のいずれか一項に記載の燃料電池用水素供給システムと、液体運搬用タンクとを搭載し、前記燃料電池の電力を使用する電動アクチュエータの動力によって移動する方式の液体運搬用移動体であって、

前記液体運搬用タンクは、燃料運搬用の燃料室と、回収液運搬用の回収室との二室を区画するとともに両室の容積を液量変化に応じて変化させる可動仕切を備え、当該運搬用の燃料室と回収室が、当該液体運搬用移動体に搭載された前記燃

料電池用水素供給システムの前記燃料液貯蔵手段と前記回収液貯蔵手段をそれぞれ兼用している液体運搬用移動体。

【請求項21】 前記燃料電池と、請求項1～15のいずれか一項に記載の燃料電池用水素供給システムとを搭載する車両と、

前記車両内で回収液貯蔵手段に貯蔵保管された回収液を車外に回収する車外回収手段と、

前記車外回収手段により回収された回収液を車外で再び水素化反応により燃料に再生する燃料再生手段と、

前記燃料再生手段により再生された燃料を車両に供給する燃料給油手段とを備えている燃料電池用水素供給システム用の燃料リサイクルシステム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、燃料電池用水素供給システム、燃料電池用水素供給システム用の燃料リサイクル方法、液体運搬用移動体、給油設備及び燃料リサイクルシステムに関するものである。

【0002】

【従来の技術】

燃料電池はエネルギー効率が高く小型化を図り易いため、電気自動車の電源として採用されている。特に固体高分子型燃料電池は作動温度が100℃前後と比較的低温であるため、自動車の電源や家庭用自家発電装置として実用的である。

燃料電池は水素と酸素から水を生成する起電反応によって発電をする方式であるため、燃料電池に水素を供給するための水素供給システムが必要となる。

【0003】

燃料電池に水素を供給する方法には、高圧タンクに水素ガスを加圧貯蔵する方法、水素吸蔵合金を使用する方法、液体水素を断熱タンクに貯蔵する方法、メタンやメタノールなどの炭化水素化合物を改質し、水素と炭酸ガスの混合ガスを供給する方法などがある。

【0004】

燃料電池を例えれば自動車の電源として使用する場合、一度の燃料補給で必要な走行距離を走行できる必要がある。また重量があると走行距離が短くなるので、重量はなるべく軽い方がよい。また車両という限られたスペースに収容する必要があるため、容積にも制約がある。そのため、水素供給システムは、必要な走行距離を走行できるだけの水素を供給できる規模としたとき、その容積および重量が課題となる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、燃料電池の発電効率を高めるためには純水素を供給する方式がよいと言われている。純水素を供給する方式としては、高圧ガス方式、液体水素方式、水素吸蔵合金方式などがある。しかし、高圧ガス方式は容積が大きく走行距離が得られない。また、液体水素方式は気化ロスがあるうえ、液化に要するエネルギーが大きく総合効率が低下してしまう。水素吸蔵合金方式は、供給水素量に対して50倍以上の合金重量が必要で他の方式と比べ重量の点で不利である。

【0006】

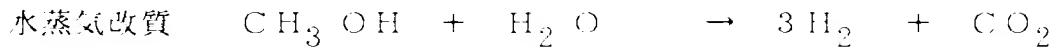
また、インフラ面の課題もある。高圧ガス方式も水素吸蔵合金方式も水素ガスを補給する設備を整備する必要があり、取り扱いに慣れた液体燃料方式に比べインフラ面で不利である。液体水素は液体燃料ではあるが、極低温のため更に取り扱いが困難であり、給油の自動化が取り組まれているが、インフラ面の課題は最も大きい。

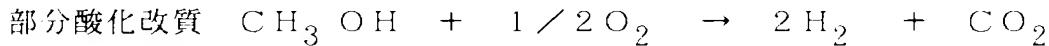
【0007】

このような事情から、現在、メタノールやガソリンなどの炭化水素化合物の改質によって水素を生成する水素供給システムが提案され、開発が進められている。炭化水素化合物の改質による水素供給方法は、燃料が有機化合物の液体で取り扱いに慣れた液体燃料方式とすることもできる。

例えばメタノール改質方式には、水蒸気改質や部分酸化改質、およびこれらを組み合せ熱取支を合わせるオートサーマル方式がある。反応式は次のようになる。

【0008】





共に CO_2 が生成され大気に排出される。つまり、燃料となる炭化水素化合物中の炭素の全てを、昨今、地球温暖化で問題となっている CO_2 として排出する。このため、環境面からは不適当な水素供給システムであると言える。

【0009】

また、燃料電池は発電効率が約 50 % で、エネルギーの残り約 50 % は廃熱となる。燃料電池は固体高分子電解質膜を使用するため、電解質膜が反応熱に侵されないように、その排熱を効率よく行う必要がある。従来は、燃料電池に冷却水を流してラジエータで排熱する冷却装置を使用していた。燃料電池は通常 100 °C 以下の作動温度に保たれるように冷却されるが、燃料電池から排出された冷却水の温度（例えば 60 ~ 80 °C）と、ラジエータの周りの外部環境温度（例えば 30 °C）との温度差が小さくラジエータの放熱効率が悪いため、放熱面積の広い大型のラジエータを設置しなければならなかった。このため、大型のラジエータの設置に伴い燃料電池システムが大型化するという問題があった。

【0010】

本発明は前記課題を解決するためになされたものであって、その第 1 の目的は、取り扱いに慣れた有機系液体燃料を使用して、比較的小型で、しかも燃料電池に純水素を供給できて地球温暖化で問題となる炭酸ガスをほとんど排出しない燃料電池用水素供給システム及びその燃料リサイクルシステムを提供することにある。

【0011】

第 2 の目的は、燃料電池の冷却装置の小型化を図ることにより燃料電池システムの小型化を実現することにある。

【0012】

【課題を解決するための手段】

上記第 1 の目的を達成するために請求項 1 に記載の発明は、燃料電池用水素供給システムにおいて、含水素有機系化合物からなる液体燃料を貯蔵する燃料液貯蔵手段と、前記燃料液貯蔵手段から取り出された燃料を脱水素反応させて水素と有機系反応生成物とに分離する脱水素反応手段と、前記脱水素反応手段で燃料か

ら分離された水素を燃料電池に供給するとともに、脱水素後の反応生成物を液体で回収する気液分離手段と、前記気液分離手段により回収された反応生成物よりなる回収液を貯蔵する回収液貯蔵手段とを備えている。

【0013】

この構成によれば、燃料液貯蔵手段から取り出された燃料は、脱水素反応手段における脱水素反応によって水素と反応生成物に分離される。気液分離手段は、燃料から分離された水素を燃料電池に供給するとともに、脱水素反応後の反応生成物を液体で回収する。反応生成物よりなる回収液は回収液貯蔵手段に貯蔵される。

【0014】

このように燃料の脱水素後の反応生成物は液体で回収されるので、燃料がその組成中に炭素原子を含むものであってもその炭素原子は反応生成物の組成として液体で回収され、地球温暖化で問題になる炭酸ガスを外部にほとんど排出しないシステムとなる。よって、炭酸ガスをほとんど排出しない環境にやさしく、しかも燃料及び反応生成物が共に液体で貯蔵されるためそれらの貯蔵容積が比較的小さくて済む。また、燃料および回収液がこれまで取り扱いに慣れたガソリンや軽油などと同じ有機系化合物液体よりなるため、取り扱いに慣れた有機系化合物液体方式とすることができます。このため、純水素を供給可能な他の水素供給方式（高压ガス方式、液体水素方式、水素吸蔵合金方式など）など、水素ガスや液体水素を燃料として取り扱う方式に比べ取り扱い易い方式となる。また、脱水素反応により水素とともに反応生成物が気体で生成されても、生成ガスを冷却あるいは膨張等させることにより反応生成物と水素の気液分離が可能であるため、反応生成物の回収がし易い。

【0015】

請求項2に記載の発明は、請求項1に記載の発明において、前記燃料液貯蔵手段と前記回収液貯蔵手段は共に容積可変構造を有し、燃料の消費により前記燃料液貯蔵手段が容積を減少させてできる空間に、前記回収液貯蔵手段は容積を増加させるように構成される。

【0016】

この構成によれば、燃料液貯蔵手段に貯蔵された燃料の消費により燃料液貯蔵手段が容積を減少させてできた空間に、回収液貯蔵手段は回収液の増加により容積を増加させる。このため、回収液を貯蔵保管する方式であるものの、燃料と回収液の貯蔵に必要な貯蔵容積が比較的小さくなる。

【0017】

請求項3に記載の発明は、請求項2に記載の発明において、前記燃料液貯蔵手段と前記回収液貯蔵手段は、共通の容器と、該容器内に移動可能に設けられた可動仕切とを備え、該移動仕切の両側に分離された二室の貯蔵室としてそれぞれ構成され、前記可動仕切は燃料の消費による燃料の減量と回収液の增量とをバランスさせるように自律的に移動することを要旨とする。

【0018】

この構成によれば、燃料液貯蔵手段と回収液貯蔵手段は、共通の容器内に可動仕切の両側に分離された二室の貯蔵室としてそれぞれ構成され、燃料の消費による燃料の減量と回収液の增量とをバランスさせるように可動仕切は自律的に移動する。

【0019】

請求項4に記載の発明は、請求項1～3のいずれか一項に記載の発明において、前記回収液は可燃性であり、前記回収液貯蔵手段に貯蔵された回収液を熱源として燃焼させる燃焼手段を備えている。

【0020】

この構成によれば、回収液貯蔵手段に貯蔵された可燃性の回収液を燃焼手段により燃焼させたその燃焼熱が熱源として利用される。燃焼手段による燃焼熱は、例えば脱水素反応器の熱源として利用されたり、また低温起動時等の補助熱源として利用される。

【0021】

請求項5に記載の発明は、請求項1～4のいずれか一項に記載の発明において、前記脱水素反応手段は、前記燃料電池の廃熱を利用してその吸熱反応の熱源とすることを要旨とする。

【0022】

この構成によれば、燃料電池の廃熱を利用し、吸熱反応である燃料の脱水素反応の熱源とされる。燃料電池の排熱効率が脱水素反応の吸熱によって高められるとともに、燃料電池の廃熱が燃料の脱水素反応に有効利用される。

【0023】

請求項6に記載の発明は、請求項5に記載の発明において、前記燃料電池の廃熱を前記燃料の脱水素反応が進む脱水素反応温度まで昇温させる第1のケミカルヒートポンプを少なくとも一段備え、前記脱水素反応手段は該第1のケミカルヒートポンプによって昇温された発熱を熱源とすることを要旨とする。

【0024】

この構成によれば、燃料電池の作動温度より高い脱水素反応温度で脱水素反応が進む燃料を使用する場合でも、少なくとも一段設けられた第1のケミカルヒートポンプにより燃料電池の廃熱が脱水素反応温度まで昇温されるので、その脱水素反応の熱源として燃料電池の廃熱を利用することができる。また、第1のケミカルヒートポンプの吸熱により燃料電池の排熱効率（冷却効率）が高まる。

【0025】

第2の目的を達成するために請求項7に記載の発明は、請求項5又は6に記載の発明において、前記反応生成物の水素化反応により前記燃料を再生する水素化反応手段を備え、前記脱水素反応手段と前記水素化反応手段とにより水素化脱水素反応系よりなる昇温型の第2のケミカルヒートポンプを構築し、該第2のケミカルヒートポンプを構成する前記水素化反応手段の発熱を排熱する排熱手段を備えている。

【0026】

この構成によれば、反応生成物から水素化反応手段による反応生成物の水素化反応によって燃料が再生される。脱水素反応手段と水素化反応手段とにより構築された昇温型の第2のケミカルヒートポンプによって、燃料電池の廃熱はさらに昇温される。その昇温された熱は排熱手段により排熱される。燃料電池の廃熱は高温度に昇温されてから排熱されるので、その排熱効率（冷却効率）が高まる。

【0027】

第2の目的を達成するために請求項8に記載の発明は、請求項1～4のいずれ

か一項に記載の発明において、前記燃料電池の廃熱を昇温するための少なくとも一段のケミカルヒートポンプと、前記少なくとも一段のケミカルヒートポンプによって昇温された昇温温度の発熱を排熱するための排熱手段とを備えている。

【0028】

この構成によれば、燃料電池の廃熱は少なくとも一段のケミカルヒートポンプにより昇温され、その昇温された高温度の発熱が排熱手段により排熱される。高温で熱が排熱されることにより排熱手段の排熱効率が高くなり、排熱手段を小型化することが可能になる。例えば排熱手段がラジエータの場合、ラジエータを通る冷却水などの冷媒が高温になるため、ラジエータの温度とその外部環境温度との温度差が大きく、排熱効率（放熱効率）が高くなるので、ラジエータが小型で済むようになる。

【0029】

請求項9に記載の発明は、請求項8に記載の発明において、前記ケミカルヒートポンプは多数段設けられ、そのうち一段が前記脱水素反応手段を構成する脱水素反応器を吸熱反応器とする水素化脱水素反応系のケミカルヒートポンプであることを要旨とする。

【0030】

この構成によれば、脱水素反応手段をケミカルヒートポンプに利用して、燃料電池の廃熱を昇温させることが可能になる。また、脱水素反応手段を利用したケミカルヒートポンプの発熱側の水素化反応により反応生成物から燃料が再生される。

【0031】

請求項10に記載の発明は、請求項6～9のいずれか一項に記載の発明において、前記燃料電池の廃熱を昇温させるケミカルヒートポンプは、前記燃料電池の作動温度で脱水素反応が進む含水素有機系化合物を使用する吸熱反応手段と、該吸熱反応手段での脱水素反応による反応生成物の水素化反応を利用する発熱反応手段とを備え、前記吸熱反応手段は前記燃料電池に内蔵されている。

【0032】

この構成によれば、燃料電池に内蔵された吸熱反応手段では、燃料電池の作動

温度で脱水素反応（吸熱反応）が進むため、燃料電池からの直接の吸熱により燃料電池の冷却効果が高められる。

【0033】

請求項11に記載の発明は、請求項10に記載の発明において、前記脱水素反応手段は、前記燃料電池を構成するセパレータの燃料極面と空気極面との間に触媒を担持した反応通路を有するようにセパレータと一体的に設けられている。

【0034】

この構成によれば、脱水素反応手段はその反応通路がセパレータの燃料極面と空気極面との間を通るようにセパレータと一体的に設けられているので、燃料電池に比較的コンパクトに内蔵可能であるとともに燃料電池からの吸熱効率も高められる。

【0035】

請求項12に記載の発明は、請求項7～11のいずれか一項に記載の発明において、前記排熱手段は、排熱の熱エネルギーを電気エネルギーに変換して発電をする発電手段を備えていることを要旨とする。

【0036】

この構成によれば、排熱手段が備える発電手段は、排熱の熱エネルギーを電気エネルギーに変換して発電をする。排熱を利用した発電による発電量の増加により燃料電池システムの発電効率が高まる。

【0037】

請求項13に記載の発明は、請求項12に記載の発明において、前記発電手段は、排熱の熱エネルギーを使って駆動される熱機関と、熱機関の動力を使って発電する発電機とを備えている。

【0038】

この構成によれば、排熱の熱エネルギーを使って熱機関が駆動され、熱機関の動力を使って発電機により発電される。

請求項14に記載の発明は、請求項13に記載の発明において、前記熱機関はスクロール式膨張機であることを要旨とする。

【0039】

この構成によれば、熱機関はスクロール式膨張機であるので、回転数の高低にかかわらず高い機械効率が得られる。

請求項15に記載の発明は、請求項7、10～14のいずれか一項に記載の発明において、車載用の燃料電池用水素供給システムであって、車両の走行終了を検出すると、前記燃料電池への水素供給を止めて、前記脱水素反応手段を有するケミカルヒートポンプをエネルギー収支が成り立つ範囲内で余熱運転制御手段を備えている。

【0040】

この構成によれば、走行終了を検出すると、燃料電池への水素供給を止めて、脱水素反応手段を有するケミカルヒートポンプをエネルギー収支が成り立つ範囲内で余熱運転される。このため、余熱を利用して水素が生成され、また発電手段を備える構成では余熱を利用した発電が行われる。さらに反応生成物の水素化反応により燃料が再生される。このため、発電効率が高まる。

【0041】

請求項16に記載の発明は、燃料電池用水素供給システム用の燃料リサイクル方法についての発明であって、請求項1～15のいずれか一項に記載の燃料電池用水素供給システムを構成する前記回収液貯蔵手段から外部へ回収された回収液を液体運搬用移動体により運搬する回収液運搬工程と、運搬した回収液を燃料再生手段により水素化反応させて燃料を再生する燃料再生工程と、再生された燃料を液体運搬用移動体により燃料電池用水素供給システムの燃料液貯蔵手段へ供給することが可能な場所まで運搬する燃料運搬工程とを少なくとも備える。

【0042】

この構成によれば、回収液運搬工程では、燃料電池用水素供給システムを構成する回収液貯蔵手段から外部へ回収された回収液を液体運搬用移動体により運搬する。燃料再生工程では、運搬した回収液を燃料再生手段により水素化反応させて燃料を再生する。燃料運搬工程では、再生された燃料を液体運搬用移動体により燃料電池用水素供給システムの燃料液貯蔵手段へ供給することが可能な場所まで運搬する。各工程によって回収液は水素化反応により再び燃料に再生され、再生された燃料が燃料電池用水素供給システムでの利用に供される。また、燃料再

生に使用する水素の製造方法として水蒸気改質などを採用すると炭酸ガスが出るが、水素を水の電気分解で製造するなどの方法を採用すれば、燃料リサイクルの全工程において炭酸ガスをまったく排出しない構成も可能である。

【0043】

請求項17に記載の発明は、請求項16に記載の発明において、前記燃料電池用水素供給システムは燃料電池の電力で走行駆動される車両に搭載されたものであって、該車両は燃料を給油する際に給油設備の燃料液貯蔵手段から燃料を車両の燃料液貯蔵手段に給油するとともに、車両の回収液貯蔵手段から回収液を給油設備の回収液貯蔵手段へ回収し、前記回収液運搬工程では前記給油設備の回収液貯蔵手段から回収された回収液を燃料再生手段に運搬し、前記燃料運搬工程では、再生された燃料を給油設備へ運搬してその燃料液貯蔵手段に供給することを要旨とする。

【0044】

この構成によれば、請求項16の発明の作用に加え、燃料電池用水素供給システムを搭載する車両が燃料を給油する際は、給油設備の燃料液貯蔵手段から燃料を車両の燃料液貯蔵手段に給油するとともに、車両の回収液貯蔵手段から回収液を給油設備の回収液貯蔵手段へ回収する。回収液運搬工程では給油設備の回収液貯蔵手段から回収された回収液が燃料再生手段に運搬され、燃料運搬工程では、再生された燃料が給油設備に運搬され、その燃料液貯蔵手段へ供給される。

【0045】

請求項18に記載の発明は、請求項16又は17に記載の燃料電池用水素供給システム用の燃料リサイクル方法において使用される液体運搬用移動体であって、該移動体が搭載する液体運搬用タンクは、燃料を貯蔵するための燃料室と、回収液を貯蔵するための回収室との二室を区画するとともに両室の容積を液量変化に応じて自律的に変化させる可動仕切を備えている。

【0046】

この構成によれば、液体運搬用移動体が搭載する液体運搬用タンクでは、可動仕切が燃料を貯蔵するための燃料室と、回収液を貯蔵するための回収室との二室を区画するとともに両室の容積を液量変化に応じて変化させるように自律的に変

位する。このため、液体運搬用タンクが運搬すべき液量の割に小型となる。

【0047】

請求項19に記載の発明は、請求項17に記載の燃料電池用水素供給システム用の燃料リサイクル方法において使用される給油設備であって、燃料と回収液を貯蔵するためのタンクを備え、該タンクは、燃料を貯蔵するための燃料室と、回収液を貯蔵するための回収室との二室を区画するとともに両室の容積を液量変化に応じて自律的に変化させる可動仕切を備えている。

【0048】

この構成によれば、給油設備が燃料と回収液を貯蔵するために備えるタンクでは、可動仕切が燃料を貯蔵するための燃料室と、回収液を貯蔵するための回収室との二室を区画するとともに両室の容積を液量変化に応じて変化させるように自律的に変位する。このため、タンクが貯蔵すべき液量の割に小型となる。

【0049】

請求項20に記載の発明は、前記燃料電池と、請求項2~15のいずれか一項に記載の燃料電池用水素供給システムと、液体運搬用タンクとを搭載し、前記燃料電池の電力を使用する電動アクチュエータの動力によって移動する方式の液体運搬用移動体であって、前記液体運搬用タンクは、燃料運搬用の燃料室と、回収液運搬用の回収室との二室を区画するとともに両室の容積を液量変化に応じて変化させる可動仕切を備え、当該運搬用の燃料室と回収室が、当該液体運搬用移動体に搭載された前記燃料電池用水素供給システムの前記燃料液貯蔵手段と前記回収液貯蔵手段をそれぞれ兼用している。

【0050】

この構成によれば、液体運搬用移動体は、自身が搭載する燃料電池用水素供給システムで生成された水素を使って燃料電池が発電した電力により電動アクチュエータを動かし、液体運搬用タンクに貯蔵された液体を運搬する。液体運搬用タンク内に可動仕切により区画された液体運搬用の二室は、燃料電池用水素供給システムの燃料液貯蔵手段と回収液貯蔵手段としても兼用され、運搬用の燃料室内の燃料を水素生成にも使用し、その反応生成物は運搬用の回収室に回収される。このように液体運搬用タンクが水素生成用の貯蔵手段として兼用されるので、燃

料電池用水素供給システム専用のタンクを別途設ける必要がなくなる。また、液体運搬用タンク内の二室の容量が可動仕切の変位により変化するので、液体運搬用タンクを二室に区画する割に、燃料と回収液を多量に運搬することが可能となる。

【0051】

請求項21に記載の発明は、燃料電池用水素供給システム用の燃料リサイクルシステムにおいて、前記燃料電池と、請求項1～15のいずれか一項に記載の燃料電池用水素供給システムとを搭載する車両と、前記車両内で回収液貯蔵手段に貯蔵保管された回収液を車外に回収する車外回収手段と、前記車外回収手段により回収された回収液を車外で再び水素化反応により燃料に再生する燃料再生手段と、前記燃料再生手段により再生された燃料を車両に供給する燃料給油手段とを備えている。

【0052】

この構成によれば、車両に搭載された燃料電池システムは、燃料電池および燃料電池用水素供給システムを備え、車両内の回収液貯蔵手段には回収液が貯蔵保管される。車両内の回収液貯蔵手段に貯蔵保管された回収液は、車外回収手段により車外へ回収され、車外で燃料再生手段により水素化反応されることにより燃料に再生される。そして、再生された燃料は燃料給油手段により車両の燃料液貯蔵手段に給油される。よって、炭酸ガスをほとんど排出しない燃料リサイクルシステムを構築することが可能となる。

【0053】

【発明の実施の形態】

(第1の実施形態)

以下、本発明を具体化した第1の実施形態を図1～図3に従って説明する。

【0054】

燃料電池システムFCSは、例えば自動車などの車両に電源として搭載されたり、家庭用自家発電装置として使用される。燃料電池システムFCSは、燃料電池1と、燃料電池1に水素を供給するための水素供給システム2とを備える。本実施形態の燃料電池1は固体高分子型燃料電池である。高分子電解質膜で区画さ

れた燃料極及び空気極からなる複数のセルを内蔵するものである。燃料電池1では、燃料極に供給される水素と、空気極に供給される空気中の酸素との電解膜を介した起電反応により発電が行われる。本実施形態では空気供給系（空気供給システム）については図示を省略している。燃料電池1の構造については後述する。

【0055】

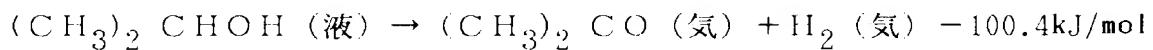
図2に示すように燃料電池1の単セル1aは、一対のリブ付きセパレータ3と、両セパレータ3間に挟まれる一対の電極4, 5と、両電極4, 5間に挟まれる電解質膜6とを有する。一対の電極は、多孔質支持層7にアノード触媒層8が形成されたアノード電極4と、多孔質支持層7にカソード触媒層9が形成されたカソード電極5とからなる。燃料（水素）はセパレータ3のアノード電極側面上の溝を通して一方向へ流れ、空気はセパレータ3のカソード電極側面上の溝を通して燃料の流れ経路と直交する方向へ流れる。アノード側が燃料極となり、カソード側が空気極となる。燃料電池1の作動温度は約80°Cである。

【0056】

水素供給システム2は、含水素有機系化合物としてのイソプロピルアルコール（IPA） $(CH_3)_2COH$ を燃料として使用し、燃料であるIPAの脱水素反応で得られた水素を燃料電池1に供給する。

【0057】

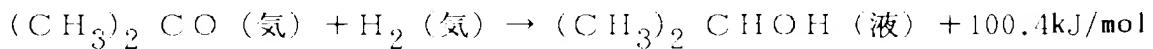
IPAの脱水素反応は次式で示される。



IPAは脱水素反応によりアセトン $(CH_3)_2CO$ と水素 H_2 に分離する。この脱水素反応は触媒存在下で反応温度約80°Cで起こる吸熱反応である。

【0058】

また、反応生成物であるアセトンの水素化反応は次式で示される。



この水素化反応は触媒存在下で反応温度約200°Cで起こる発熱反応である。アセトンの水素化反応によりIPAが再生される。

【0059】

本実施形態は、IPAの脱水素反応生成物であるアセトンを回収して保管する反応液保管方式を採用する。また、水素化脱水素反応を利用したIPA／アセトン／H₂系のケミカルヒートポンプを構築し、燃料電池1の廃熱をケミカルヒートポンプにより昇温して高温で排熱する排熱システムを採用している。このケミカルヒートポンプでは、燃料電池1の廃熱を脱水素反応の熱源として利用している。また、このケミカルヒートポンプはアセトンの水素化反応によりIPAを再生する燃料再生システムを兼ねる。IPAおよびアセトンは常温で液体の有機系化合物であるため、この燃料電池システムFCSにおいて共に液体で貯蔵保管される。

【0060】

図1に示すように水素供給システム2は、燃料タンク10と、ケミカルヒートポンプ系HPと、水素分離系HSと、燃料電池冷却系CSとを備える。燃料液貯蔵手段及び回収液貯蔵手段は燃料タンク10により構成される。

【0061】

燃料タンク10には、燃料となるIPAと、IPAの脱水素反応後の反応生成物であるアセトンとが分離して貯蔵される。すなわち、図3に示すように燃料タンク10はタンク11の内部を二室に区画する可動仕切としての伸縮式容器12を収納し、伸縮式容器12が可動仕切りとして機能することにより、タンク11内は燃料室13と回収室14との二室に区画されている。伸縮式容器12は容積可変に伸縮可能な蛇腹構造を有している。タンク11には給油室と排液口（いずれも図示省略）が設けられ、給油口から燃料室13へIPAが供給されるとともに、排液口から回収室14のアセトンが外部へ排出されるようになっている。伸縮式容器12は燃料の消費量とアセトンの回収量とをバランスさせるように膨らみ、燃料室13のIPAが消費されて減った分だけ回収室14の容積が増えるようになっている。

【0062】

燃料タンク10の燃料室13は管路15を通じて補助タンク20に接続されている。管路15上に設けられたポンプ16によって燃料室13のIPA液が補助タンク20へ送られるようになっている。補助タンク20にはIPAの液面を検

出する液面センサ17が設けられ、液面センサ17の検出信号に基づきIPA液面が設定液面を下回ると制御部C1によりポンプ16が駆動され、燃料タンク10の燃料室13からIPA液が補助タンク20に供給されるようになっている。

【0063】

補助タンク20には循環管路21の入口と出口が接続され、循環管路21上にはポンプ22、熱交換器23、脱水素反応手段としての脱水素反応器24、熱交換器25、水素化反応器26及び凝縮器27が設けられている。脱水素反応器24の内部は触媒担持されている。触媒には例えば微粒金属ニッケル、カーボン担持貴金属、ラネーニッケル、ホウ化ニッケルなどが使用される。カーボン担持貴金属触媒用の貴金属には、白金、ルテニウム、ロジウム、パラジウム等が使用される。脱水素反応器24では約80°CでIPAの脱水素反応が行われる。また、水素化反応器26の内部も触媒担持されている。触媒にはニッケル触媒（例えば微粒ニッケル担持活性炭）が使用される。

【0064】

水素化反応器26ではアセトン水素化反応（発熱反応約200°C）によりIPA、アセトン及び水素の平衡混合物が得られ、その顯熱は熱交換器25によってアセトン・水素混合気体の予熱に使われるとともに、熱交換器23によってIPAの予熱に使われる。

【0065】

水素化反応器26には温度センサ28が設けられ、温度センサ28の検出温度に基づいて制御部C2により制御されるヒータ29及び冷風機30の加熱・冷却作用により、水素化反応器26の内部温度は水素化反応温度（約200°C）に調節されるようになっている。なお、水素化反応器26及び冷風機30により排熱手段が構成される。

【0066】

アセトン水素化反応後のIPA、アセトン及び水素の平衡混合物は、各熱交換器25、23を通るときに降温されるとともに凝縮器27でIPA（沸点82°C）が液化された状態で、補助タンク20に還流される。補助タンク20に気相で還流された水素及びアセトン(g)は管路31を通じて気液分離器33に送られ

るとともに、管路31上の途中に設けられた凝縮器32によりアセトン（沸点56°C）が液化され、気液分離器33にアセトン液が貯留される。

【0067】

気液分離器33には水素分離膜（水素透過膜）34が設けられ、気液分離器33に送り込まれた気体のうち水素分離膜34を通り抜けた水素のみを燃料電池1に排出するための水素供給管路35が気液分離器33に水素分離膜34の下流側室に連通する状態で接続されている。水素供給管路35上には減圧弁（可変絞り）36および流量制御弁（MFC（Mass Flow Controller））37が設けられている。ここで、流量制御弁（MFC）37は、流量を検出する流量検出部と、その検出した検出流量値をフィードバックして開度の制御をする制御弁部とを有するものである。制御部C3が消費電力から発電の必要があると判断すると流量制御弁37は開かれるとともに要求発電量に応じた開度に制御され、水素は要求発電量に応じた流量で燃料電池1に供給されるようになっている。減圧弁36は流量制御弁37に送られる水素の圧力を設定圧力に減圧する。また、水素供給管路35から管路35aが分岐し、管路35aの先端は循環管路21の水素化反応器26の上流側にて接続されている。管路35a上にはコンプレッサCP1が設けられ、気液分離器33に設けられた圧力センサ38の検出値に基づいて制御部C4により気液分離器33の内部圧が設定値を超えないようにコンプレッサCP1が駆動される。

【0068】

また、気液分離器33にはアセトン液を排出するための管路39が燃料タンク10の回収室14との間に接続され、管路39上にはポンプ40が設けられている。気液分離器33にはアセトンの液面を検出する液面センサ41が設けられ、液面センサ41の検出信号に基づきアセトン液面が設定液面を超えると制御部C4によりポンプ40が駆動され、気液分離器33内のアセトン液が回収室14に排出されるようになっている。なお、気液分離手段は、補助タンク20、凝縮器27、32、気液分離器33及び水素分離膜34等から構成される。

【0069】

脱水素反応器24の内部で起こる吸熱反応の熱源には、燃料電池1を冷却する

燃料電池冷却系C Sの排熱を利用する。燃料電池1にはその内部を通る経路の閉回路を作る冷却用管路4 3が接続されており、管路4 3上にはポンプ4 4及び放熱管4 5が設けられている。放熱管4 5は脱水素反応器2 4と熱交換可能な熱交換器を構成する。燃料電池1の作動温度は約80°Cで、放熱管4 5を流れる冷却水（温水）の熱が脱水素反応器2 4の昇温に使用され、脱水素反応器2 4の内部で起こる吸熱反応の熱源として使用される。脱水素反応器2 4の内部温度を測定するための温度センサ4 6が設けられ、温度センサ4 6の検出値に基づいて冷却用管路4 3上に設けられたヒータ4 7が制御部C 5により制御されることにより、ヒータ4 7の予熱によって脱水素反応器2 4の内部温度が反応温度（約80°C）に調節されるようになっている。

【0070】

燃料電池システムF C Sの運転開始初期で燃料電池1が作動温度に達していないちは、ヒータ4 7による予備加熱により脱水素反応器2 4が加温され、燃料電池1が作動温度に達した後の定常運転状態では主に燃料電池1の廃熱を利用して脱水素反応器2 4へ熱が伝えられる。また、脱水素反応器2 4内の吸熱反応によって放熱管4 5を流れる冷却水の熱が効率よく奪われることにより燃料電池1の排熱効率が高まるようになっている。なお、各制御部C 1～C 5は実際には燃料電池システムF C Sを制御する一つの制御ユニットを構成している。

【0071】

上記のように構成される燃料電池システムF C Sは次のように作動する。

燃料電池システムF C Sが装備される例えば車両または家庭用発電機で電力消費があって発電の必要があると判断されると、流量制御弁3 7が開かれるとともにその要求発電量に応じた開度に制御される。その結果、気液分離器3 3内から燃料電池1の燃料極に要求発電量に応じた流量で水素が供給され、これと同時に空気供給装置から空気極に空気が供給され、燃料電池1の内部では水素と酸素の起電反応による発電が行われる。

【0072】

脱水素反応器2 4では燃料電池1の廃熱を熱源としてIPAの脱水素反応（吸熱反応）が行われ、水素とアセトンが生成される。脱水素反応後の生成ガスは昇

温されて約200°C近くにして水素化反応器26に送られ、ここで水素化反応によりIPA、水素及びアセトンの平衡混合物が生成される。平衡混合物ガスは各熱交換器25、23で冷却されるとともに凝縮器27を通って補助タンク20に還流される。補助タンク20ではIPAが液化分離されるとともに、気相で送られた水素およびアセトンガスは管路31から凝縮器32を通って気液分離器33に送られ、ここでさらにアセトンが液化分離される。気液分離器33に液化分離されたアセトン液はポンプ40によって排出され、燃料タンク10の回収室14に回収される。一方、気液分離器33に蓄えられたガス中の水素は水素分離膜34を透過し、純水素のみが水素供給管路35を通じて燃料電池1に送られる。

【0073】

この燃料電池システムFCSでは次の効果が得られる。

(1) 燃料であるIPAの脱水素反応により分離された純水素を燃料電池1に供給し、脱水素後の反応生成物であるアセトンは燃料タンク10に回収されて保管される。メタノールの水蒸気改質方式の水素供給システムの場合、水素および二酸化炭素が燃料電池に供給され、二酸化炭素を環境に排出するが、本実施形態によれば環境問題の原因になる二酸化炭素を排出しない燃料電池システムFCSを提供できる。また、燃料電池1には純水素が供給されるので、二酸化炭素と水素の混合ガスを供給するシステムに比べ、発電効率を高めることができる。

【0074】

また、燃料および回収液がこれまで取り扱いに慣れたガソリンや軽油などと同じ有機系化合物の液体よりなるため、給油などの際にも取り扱い易い有機系化合物液体方式とすることができます。このため、純水素を供給可能な公知の水素供給方式、例えば高圧ガス方式、液体水素方式、水素吸蔵合金方式などに比べ、水素ガスや液体水素を燃料として取り扱う必要がないので、燃料の取り扱い易い水素供給方式となる。また、常温で液体である反応生成物は、生成ガスを冷却あるいは膨張等させることにより比較的容易に水素と分離できるので、反応生成物の回収がし易い。

【0075】

(2) 純水素供給方式には従来より水素吸蔵合金方式、液体水素貯蔵方式およ

び高圧水素貯蔵方式がある。例えば水素吸蔵合金方式に比べ水素吸蔵合金のような重量物がないので軽量なシステムにすることができる。また、液体水素貯蔵方式に比べエネルギー損失が少ないうえ取扱容易性およびインフラ整備の面で有利な燃料電池システムFCSを提供できる。さらに高圧水素貯蔵方式に比べタンク容積を大幅に小型化できるので、コンパクトな燃料電池システムFCSを提供できる。すなわち、従来の純水素供給システムに比べ、重量、容積、取扱性、インフラ整備面およびエネルギー損失面等について総合的評価で適度に満足できる燃料電池システムFCSを提供することができる。

【0076】

(3) 例えば車両に燃料電池システムFCSを搭載する場合、必要走行距離(例えば400km)を確保することができる水素供給能力をもつシステムとする必要があるが、この場合にシステムに必要な容積および重量が相対的に小さく済む。よって、車載用の燃料電池システムFCSとして実用的である。

【0077】

(4) 回収液であるアセトンは燃料タンク10内の伸縮式容器12からなる可動仕切りで区画された回収室14に貯蔵され、燃料の消費による燃料の減量と回収液の增量とをバランスさせるように燃料タンク10内の二室13、14の容積が自律調整される。この結果、アセトンを保管する回収液保管方式のシステムであるものの、燃料タンク10のタンク容積を回収液の保管スペースとして有効に活用するので、システムに必要なタンク容積を相対的に小さく済ませることができる。この点からもシステムの容積効果が大きく、燃料電池システムFCSの小型化に寄与する。

【0078】

(5) 脱水素反応器(吸熱反応器)24と水素化反応器(発熱反応器)26を有する循環管路21を通る系は、水素化脱水素反応系のケミカルヒートポンプH Pを構成し、燃料電池1の廃熱は、このケミカルヒートポンプH Pにより約20°Cに昇温されてから排熱される。つまり、ラジエータとして機能する水素化反応器26の約200°Cの温度とその周辺外部環境温度(例えば30~50°C)との温度差が大きいので、水素化反応器26が冷風機30により冷却されるときの

冷却効率が高くなる。その結果、従来技術において燃料電池を冷却するための約80°Cの冷却水温の排熱をするラジエータに比べ、ラジエータ部分が小型で済む。よって、従来の燃料電池システムにおいて、その大型化の原因であったラジエータ部分が小型になるので、小型の燃料電池システムFCSとなる。

【0079】

(6) 反応生成物(アセトン)は水素に比べ分子量が大きいため、気液分離後の気体から微量の反応生成物を除去するために水素分離膜34を使用するが、従来方式であるメタノール水蒸気改質などのように水素とCOを分離するのに比べ、水素分離膜34として透過孔の大きな膜材質のものを使用することができる。その結果、水素分離膜34の単位面積当たりの水素透過流量を多くでき、水素分離膜34の表面積を小さくできるので、水素分離膜34の小型化を図り易くなる。

【0080】

(7) 水素化反応器26によるアセトン水素化反応によって燃料であるIPAを再生するので、水素を有効利用でき、燃料単位当たりの発電量を高めることができる。例えば車載用燃料電池システムFCSとして使用する場合、燃料単位当たりの走行距離を延ばしたり、システムの小型化に寄与できる。

【0081】

(第2の実施形態)

以下、本発明を具体化した第2の実施形態を図4～図7に従って説明する。

本実施形態の燃料電池システムFCSは、燃料電池1の冷却系と、水素供給システム2の構成および使用する燃料などが前記第1の実施形態と異なる。燃料電池1の冷却系にはケミカルヒートポンプを採用し、ケミカルヒートポンプの吸熱によって燃料電池1を冷却する方式を採用する。燃料電池1の作動温度で吸熱反応を起こす有機化学物質を利用した流体系のケミカルヒートポンプを採用し、そのうち特に水素化脱水素反応系のケミカルヒートポンプを選び、本例で使用する燃料電池1の作動温度約80°Cに吸熱反応温度をもつIPA／アセトン／H₂系(以下、単にIPA／アセトン系という)のケミカルヒートポンプを採用する。

【0082】

一方、水素を分離生成するための燃料として使用する含水素有機系化合物には、燃料電池冷却系のケミカルヒートポンプの発熱（排熱）を熱源として利用して脱水素反応を進めることができ、しかも水素化脱水素反応系のケミカルヒートポンプを構築可能な有機系化学物質を使用する。本例では冷却系ケミカルヒートポンプがIPA／アセトン系のケミカルヒートポンプであってその発熱温度が約200°Cなので、この温度で脱水素反応（吸熱反応）を起こす有機系化学物質のうちシクロヘキサンを燃料として使用する。そして水素生成反応系部分にシクロヘキサン／ベンゼン／H₂系（以下、単にシクロヘキサン／ベンゼン系という）のケミカルヒートポンプを構築する。シクロヘキサンを燃料として採用する他の理由としては、燃料1モル当たりに得られる水素の生成モル数が多いことが挙げられる。

【0083】

IPA／アセトン系のケミカルヒートポンプと、シクロヘキサン／ベンゼン系のケミカルヒートポンプとを、それぞれ低温側ケミカルヒートポンプ及び高温側ケミカルヒートポンプとして二段のヒートポンプ系を構築する。すなわち、低温側ケミカルヒートポンプの発熱と高温側ケミカルヒートポンプの吸熱とを熱交換可能に繋ぎ、燃料電池1の冷却に使用される低温側ケミカルヒートポンプの排熱温度を、高温側ケミカルヒートポンプによりさらに昇温し、より高温度で排熱を行うようにしている。

【0084】

燃料電池システムFCSが使用される対象および燃料電池の発電方式の種別は、前記第1の実施形態と同様である。すなわち、燃料電池システムFCSは車両用電源や家庭用自家発電装置として使用され、燃料電池1は固体高分子型燃料電池である。図4に示すように燃料電池システムFCSは、燃料電池1と、燃料電池1に水素を供給するための水素供給システム2とを備える。なお、燃料電池1の空気供給系（空気供給システム）については図示を省略している。

【0085】

まず燃料電池冷却系CSは、タンク50と、タンク50に入口と出口が接続されるとともに燃料電池1の内部を経由する循環管路51と、循環管路51上に設

けられたポンプ52、熱交換器53、脱水素反応器（吸熱反応器）54、熱交換器55、水素化反応器（発熱反応器）56および凝縮器57とを有する。吸熱反応手段としての脱水素反応器54は燃料電池1に内蔵されている。燃料電池冷却系CSはIPA／アセトン系のケミカルヒートポンプHP1を構成し、その基本回路構成は前記第1の実施形態におけるIPA／アセトン系のケミカルヒートポンプと同様である。また、脱水素反応器54および水素化反応器56に使用できる触媒も同様である。なお、第1のケミカルヒートポンプはケミカルヒートポンプHP1により構成される。

【0086】

燃料電池1には温度センサ58が設けられ、燃料電池1が作動温度になってから温度センサ58の検出値に基づいて制御部C6によりポンプ52は駆動される。また、水素化反応器56には温度センサ59が設けられ、制御部C7により温度センサ59の検出値に基づいてヒータ60が制御され、水素化反応器56の内部温度が水素化反応温度（約200°C）に調節されるようになっている。

【0087】

脱水素反応器54を燃料電池1に内蔵する具体的構造としては、セパレータ3を燃料側と空気側の2部品に分け、両部品間に脱水素反応器54を挟み込む挟持方式や、セパレータ3を構成する2部品の接合界面上に脱水素反応器54の反応通路を直接形成する一体方式を採用することができる。

【0088】

図5は燃料電池1に内蔵された挟持方式の脱水素反応器54の組付構造を示す。燃料電池1はセパレータ3、電極4、5及び電解質膜6からなるセルが多層に積層された構造をとり（図2を参照）、脱水素反応器54がセパレータ3を燃料側と空気側との2部品に分けた2つのセパレータ部品3a、3bの間に挟持された構造をとる。

【0089】

脱水素反応器54には例えば図6に示すチューブ式冷却板が使用される。

図6に示すように、冷却板61はアルミニウムなどの金属からなるプレス成形品からなり、その基板62の内部には蛇行する経路のチューブ63が成形されて

いる。基板62から延出するチューブ63の両端部により、燃料流入部63aと燃料流出部63bが形成されている。チューブ63の内部には脱水素化反応のための触媒が担持されている。冷却板61がセパレータ部品3a, 3bに挟持された組付状態では、反応通路となるチューブ63がセパレータ3の燃料極面と空気極面との間を通り配置される。

【0090】

また、図7は燃料電池1に内蔵された一体方式の脱水素反応器54の組付構造を示す。燃料電池1はセパレータ3、電極4, 5及び電解質膜6からなるセルが多層に積層された構造をとり(図2を参照)、脱水素反応器54はセパレータ3を燃料側と空気側との2部品に分けた両セパレータ部品3c, 3dを接合することによって、両セパレータ部品3c, 3dの接合面上に加工された溝通路によって形成されている。

【0091】

図8はセパレータ部品3c(3d)を示す。セパレータ部品3c(3d)は、例えばカーボン等の材質からなる基板65を備える。基板65には燃料流路66と水素流路67と空気流路68の三路が厚さ方向に貫通して形成されている。燃料流路66と水素流路67と空気流路68は流入用と流出用とのそれぞれ1つずつ形成され、基板65は燃料流路66の流入口66aと出口66b、水素流路67の流入口67aと出口67b、および空気流路68の流入口68aと出口68bを有する。基板65の表面には燃料流路66の流入口66a及び出口66bと連通する状態で格子状の経路をとる溝65aが刻設されている。セパレータ部品3cと接合されるもう一方のセパレータ部品3dにはその相対面に溝65aと同形状の溝(図示せず)が形成され、両溝の接合により反応管路69が形成される。反応管路69の内部には脱水素反応用の触媒が担持されている。反応通路となる反応管路69はセパレータ3の燃料極面と空気極面との間を通り配置される。

【0092】

このセパレータ3が燃料電池1に組み込まれた状態では、三つの流路66, 67, 68は燃料電池1をセル列方向に貫通し、水素流路67は各セルの燃料極に

連通され、空気流路68は各セルの空気極に連通されるようになっている。各セパレータ部品3c, 3dの反応管路69(溝65a)と反対側の面上、すなわち燃料極面と空気極面には水素流路および空気流路となる多列の溝がそれぞれ直交する向きに形成されている(図2を参照)。なお、図5および図7では、脱水素反応器54が燃料電池1のセル間にセル複数個おきに配置されているが、各セパレータ3を脱水素反応器内蔵型の構成とすることもできる。

【0093】

また、タンク50に接続された管路70の先端が循環管路51の水素化反応器56の上流側にて接続されている。管路70上にはコンプレッサCP2が設けられ、タンク50に設けられた圧力センサ(図示せず)の検出値に基づいて制御部C6によりタンク50の内部圧が設定値を超えないようにコンプレッサCP2が駆動される。

【0094】

次に水素供給系について説明する。

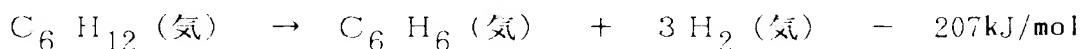
水素供給系は、シクロヘキサン/ベンゼン系のケミカルヒートポンプHP2と、脱水素反応後の水素・ベンゼン混合ガスから純水素を分離する水素分離系HSとを備える。なお、第2のケミカルヒートポンプはケミカルヒートポンプHP2により構成される。

【0095】

燃料タンク10は前記第1の実施形態と同様の構造であり、タンク11内に収納された伸縮式容器12によりタンク11内は燃料室13と回収室14との二室に区画されている。本実施形態も、燃料の脱水素反応生成物を回収して保管する回収液保管方式を採用する。

【0096】

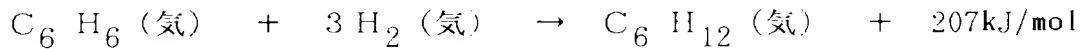
燃料となるシクロヘキサンC₆H₁₂の脱水素反応は次式で示される。



上式のようにシクロヘキサンは脱水素反応によりベンゼンC₆H₆と水素H₂に分離する。この脱水素反応は約200°Cで進む吸熱反応である。

【0097】

また、ベンゼンの水素化反応は次式で示される。



この水素化反応は約350°Cで進む発熱反応である。

【0098】

上記の水素化脱水素反応を利用したシクロヘキサン／ベンゼン系のケミカルヒートポンプHP2は次のように構成される。燃料タンク10の燃料室13は管路71を通じて補助タンク73と接続され、管路71上に設けられたポンプ72によって補助タンク73へシクロヘキサン液が送られる。ケミカルヒートポンプHP2は、補助タンク73と、補助タンク73に入口と出口を接続する循環管路74と、循環管路74上に設けられたポンプ75、熱交換器76、脱水素反応手段としての脱水素反応器77、熱交換器78、2つの圧縮機79、水素化反応器80、減圧弁81および凝縮器82とを備えている。

【0099】

脱水素反応器77および水素化反応器80の内部は触媒担持されている。触媒には例えばアルミナ担持白金などが使用される。水素化反応器80ではベンゼン水素化反応（発熱反応約350°C）によりシクロヘキサン、ベンゼン及び水素の平衡混合物が得られ、その顕熱は熱交換器78によってベンゼン・水素混合気体の予熱に使われるとともに、熱交換器76によってシクロヘキサンの予熱に使われる。

【0100】

脱水素反応器77の内部で起こる吸熱反応の熱源には、燃料電池1の冷却用に使用するIPA／アセトン系のケミカルヒートポンプHP1の発熱（排熱）を利用する。この冷却用ケミカルヒートポンプHP1の水素化反応器（発熱反応器）56と脱水素反応器77は、熱交換可能な熱交換器を構成する。冷却用ケミカルヒートポンプHP1の発熱温度約200°Cで脱水素反応器77内の吸熱反応が進められる。脱水素反応器77の内部温度も温度センサ59の検出値に基づく制御部C7によるヒータ60の制御により、脱水素反応温度（約200°C）に調節されるようになっている。なお、脱水素反応器用のヒータを別途設けることもできる。また、水素化反応器56および脱水素反応器77により構成される熱交換器

には、例えばプレート型触媒反応器が使用される。

【0101】

2つの圧縮機79は、水素化反応器80に送る水素およびベンゼンガスを高圧（例えば約20気圧）に圧縮するためのものである。また、水素化反応器80には温度センサ84が設けられ、ヒータ85及び冷風機86が温度センサ84の検出値に基づいて制御部C8により制御されることにより、その加熱・冷却作用によって水素化反応器80の内部温度が約350°Cの水素化反応温度に調節されるようになっている。なお、水素化反応器80及び冷風機86により排熱手段が構成される。

【0102】

ベンゼン水素化反応後のシクロヘキサン、水素およびベンゼンの平衡混合物は、各熱交換器78、76を通るときに降温されるとともに減圧弁81で減圧されてから凝縮器82でシクロヘキサン（沸点81°C）及びベンゼン（沸点80°C）が液化された状態で、補助タンク73に還流される。

【0103】

循環管路74には脱水素反応器77と熱交換器78との間で分岐する管路87が接続されており、管路87は気液分離器88に接続されている。管路87上には流量制御弁（MFC）89および凝縮器90が設けられている。シクロヘキサン脱水素反応後に管路87を通って送られる水素及びベンゼンは、管路87上の途中に設けられた凝縮器90によってベンゼン（沸点80°C）が液化された状態で気液分離器88に送られ、気液分離器88にベンゼン液が貯留される。

【0104】

気液分離器88には水素分離膜（水素透過膜）91が設けられ、その水素分離膜91を隔てた下流側の室には水素供給管路92が接続されている。気液分離器88からは水素分離膜91を通り抜けた純水素が水素供給管路92を通じて燃料電池1に排出されるようになっている。水素供給管路92上には減圧弁93および流量制御弁（MFC）94が設けられている。電力消費があつて制御部C6により発電の必要があると判断されると、流量制御弁94が開弁されて要求発電量に応じた開度に制御され、燃料電池1には要求発電量に応じた流量で水素が供給

される。減圧弁93は流量制御弁94の上流側で水素の圧力を減圧する。なお、気液分離手段は、管路87, 92, 97、凝縮器90、気液分離器88、水素分離膜91及びポンプ98等から構成される。

また、気液分離器88内の水素の圧力を検出する圧力センサ95の検出信号に基づき制御部C9により流量制御弁89は制御され、気液分離器88には常に設定圧以上の水素が蓄えられるようになっている。補助タンク73内の液量（シクロヘキサン主成分液）は、流量制御弁89が開かれてベンゼン及び水素が管路87を通ってヒートポンプHP2の系から排出された分だけ減少する。補助タンク73に設けられた液面センサ96の検出信号に基づき補助タンク73内の液量が設定量を下回ると判断されると制御部C10によりポンプ72が駆動され、燃料タンク10の燃料室13から補助タンク73へシクロヘキサンが補給される。

【0105】

また、気液分離器88と燃料タンク10の回収室14とを繋ぐ管路97上にはポンプ98が設けられている。気液分離器88にはベンゼン液量を検出する液面センサ99が設けられ、制御部C9は液面センサ99の検出信号に基づきポンプ98を駆動し、気液分離器88内のベンゼン液量が設定量を超えないようにベンゼンを燃料タンク10の回収室14へ送るようになっている。

【0106】

また、補助タンク73に接続された管路74aの先端が循環管路74の水素化反応器80の上流側にて接続されている。管路74a上にはコンプレッサC P3が設けられ、補助タンク73に設けられた圧力センサ（図示せず）の検出値に基づいて制御部C10により補助タンク73の内部圧が設定値を超えないようにコンプレッサC P3が駆動される。

【0107】

上記のように構成される燃料電池システムFCSは次のように作動する。

燃料電池システムFCSが装備される例えば車両または家庭用自家発電装置で電力消費があると流量制御弁94が開かれるとともに要求発電量に応じた開度に制御され、気液分離器88内から燃料電池1の燃料極に要求発電量に応じた流量で純水素が供給され、これと同時に空気極には空気供給装置から空気が供給され

、燃料電池1の内部では発電が行われる。

【0108】

燃料電池1に設けられた温度センサ58の検出温度に基づいて制御部C6によりポンプ52が駆動され、脱水素反応器54には燃料電池1が作動温度に保たれる流量でIPAが送られる。脱水素反応器54内の吸熱反応によって燃料電池1は冷却されて作動温度に調節される。

【0109】

燃料電池1の廃熱はその冷却用(IPA/アセトン系)ケミカルヒートポンプHP1により昇温され、その水素化反応器56の約200℃の発熱(排熱)が熱交換を介して脱水素反応器77に与えられ、シクロヘキサンの脱水素反応の熱源として利用される。

【0110】

脱水素反応器77ではシクロヘキサンの脱水素反応(吸熱反応)が行われ、水素とベンゼンが生成される。脱水素反応後の生成ガスは昇温されて約350℃近くにして水素化反応器80に送られ、ここでベンゼンの水素化反応が行われてシクロヘキサンが再生される。ベンゼン水素化反応後の平衡混合物ガスは各熱交換器78, 76で冷却されるとともに減圧弁81により減圧されてから凝縮器82を通って補助タンク73に還流される。補助タンク73にはシクロヘキサン及び未反応ベンゼンからなる液体が貯留される。

【0111】

一方、シクロヘキサン脱水素反応後の水素及びベンゼンは、気液分離器88内の水素ガス圧が低くなつて流量制御弁89が開かれたときに凝縮器90を通って気液分離器88に送られる。気液分離器88には凝縮器90で液化されたベンゼンが貯留される。気液分離器88に液化分離されたベンゼン液はポンプ98の駆動によって燃料タンク10の回収室14に回収される。気液分離器88に蓄えられた水素は水素分離膜91を透過し、純水素のみが燃料電池1に送られる。

【0112】

この実施形態によれば第1の実施形態で述べた(1)~(4)の効果が同様に得られる。すなわち燃料は異なるものの、燃料の脱水素反応で水素を得る方式で

、脱水素反応後の反応生成物（ベンゼン）を液体で回収する回収液保管方式を採用することにより燃料電池1に純水素を供給できるので、前記（1）～（3）の効果が同様に得られる。また燃料タンク10は伸縮式容器12を内蔵する可動仕切り構造なので、前記（4）の効果が同様に得られる。さらにベンゼンの水素化反応により燃料であるシクロヘキサンを再生するので、前記（6），（7）の効果が同様に得られる。その他、次の効果が得られる。

【0113】

（8）燃料電池1の廃熱を冷却用ケミカルヒートポンプHP1により約200°Cに昇温し、さらに高温側ケミカルヒートポンプHP2により約350°Cに昇温してから排熱されるので、ラジエータとして機能する水素化反応器80の排熱温度が約350°Cとさらに高く、ラジエータ機能部分の排熱温度とその周辺外部環境温度（例えば30～50°C）との温度差をさらに大きくすることができる。よって、水素化反応器80が冷風機86により冷却されるときの排熱効率が高くなる。その結果、第1の実施形態よりもラジエータ部分を一層小型にでき、さらに小型の燃料電池システムFCSを提供できる。また、脱水素反応器54はその反応通路となるチューブ63または反応管路69がセパレータ3の燃料極面と空気極面との間を通る挿持方式または一体方式の構造でセパレータ3と一体的に設けられているので、燃料電池1に比較的コンパクトに内蔵可能であるとともに、燃料電池1からの吸熱効率を高めることができる。

【0114】

（9）燃料1モル当たりの水素発生モル数の多いシクロヘキサンを燃料として使用するので、例えば燃料電池システムFCSを車載用に使用する場合、必要走行距離を確保するのに必要な燃料容積を、前記第1実施形態で使用したIPAを燃料とする構成に比べ少なくすることができる。よって、燃料タンク10の小型化により燃料電池システムを一層小型化することができる。

【0115】

（第3の実施形態）

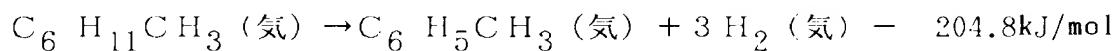
次に第3の実施形態を図9に従って説明する。

本実施形態では燃料電池1の廃熱をケミカルヒートポンプにより昇温した高温

の排熱を利用して発電をする。本実施形態では含水素有機系化合物の燃料としてメチルシクロヘキサンを使用する。

【0116】

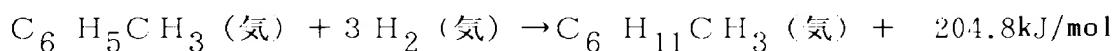
燃料となるメチルシクロヘキサン $C_6H_{11}CH_3$ の脱水素反応は次式で表される。



上式のようにメチルシクロヘキサンは脱水素反応によりトルエン $C_6H_5CH_3$ と水素 H_2 に分離する。この脱水素反応は約200°Cで進む吸熱反応である。

【0117】

また、トルエンの水素化反応は次式で示される。



この水素化反応は約350°Cで進む発熱反応である。

【0118】

本実施形態では、二段のケミカルヒートポンプを構築する点は前記第2の実施形態と同様である。すなわち燃料電池冷却用に採用するIPA／アセトン系のケミカルヒートポンプと、水素生成用に採用するメチルシクロヘキサン／トルエン／ H_2 系（以下、単にメチルシクロヘキサン／トルエン系という）のケミカルヒートポンプとを、それぞれ低温側ケミカルヒートポンプ及び高温側ケミカルヒートポンプとして二段のヒートポンプ系を構築する。そして、本実施形態では、燃料電池1の冷却用に使用される低温側ケミカルヒートポンプの発熱（排熱）を、高温側ケミカルヒートポンプによりさらに昇温し、その高温度の排熱を発電に利用する。

【0119】

燃料電池1の冷却用に使用する低温側ヒートポンプは前記第2の実施形態と同様である。燃料電池1の廃熱はその冷却用の低温側ケミカルヒートポンプにより昇温され、その発熱側である水素化反応温度約200°Cの排熱を熱交換を介して高温側ケミカルヒートポンプの吸熱側であるメチルシクロヘキサンの脱水素反応の熱源として利用する。

【0120】

燃料電池冷却系は前記第2の実施形態と同様で、タンク50と、タンク50に入口と出口が接続されるとともに燃料電池1の内部を経由する循環管路51と、循環管路51上に設けられたポンプ52、熱交換器53、脱水素反応器（吸熱反応器）54、熱交換器55、水素化反応器（発熱反応器）56および凝縮器57とを備えている。脱水素反応器54には前記第2の実施形態で述べた図5～図8に示すいずれかの構造が使用されている。

【0121】

燃料電池1には温度センサ58が設けられ、燃料電池1が作動温度になってから温度センサ58の検出値に基づいて制御部C6によりポンプ52が駆動される。また、水素化反応器56には温度センサ59が設けられ、水素化反応器56の内部温度が水素化反応温度（約200℃）になるように制御部C7によりヒータ60が制御されるようになっている。また、タンク50に接続された管路70の先端が循環管路51の水素化反応器56の上流側にて接続され、管路70上に設けられたコンプレッサCP2が、タンク50に設けられた圧力センサ（図示せず）の検出値に基づいて制御部C6により駆動されることによってタンク50の内部圧が設定値を超えないようになっている。

【0122】

次に水素供給系について説明する。

水素供給系は、メチルシクロヘキサン／トルエン系のケミカルヒートポンプHP2と、脱水素反応後の水素・トルエン混合ガスからトルエンを液化分離することにより純水素を分離する水素分離系HSとを備える。

燃料タンク10は、前記第1の実施形態と同様の構造であり、タンク11内に収納された伸縮式容器12により燃料室13と回収室14との二室に区画されている。タンク11には給油口と排液口（いずれも図示省略）が設けられ、燃料室13のメチルシクロヘキサンは給油口から供給されるとともに、回収室14のトルエンは排液口から外部に排出されている。本実施形態も、燃料であるメチルシクロヘキサンの脱水素反応生成物であるトルエンを回収して保管する回収液保管方式を採用する。燃料であるメチルシクロヘキサン及び反応生成物であるトルエンは共に常温で液体である。

【0123】

燃料タンク10の燃料室13は管路100を通じて補助タンク101に接続され、管路100上に設けられたポンプ102によって補助タンク101へメチルシクロヘキサン液が送られるようになっている。メチルシクロヘキサン／トルエン系のケミカルヒートポンプHP2は、脱水素反応系部分と水素化反応系部分とから構成される。

【0124】

脱水素反応系部分は、補助タンク101と、補助タンク101に入口を接続する管路103と、管路103上に設けられたポンプ104、熱交換器105、脱水素反応手段としての脱水素反応器106および凝縮器107とを備えている。管路103の出口は気液分離器108に接続されている。脱水素反応器106ではメチルシクロヘキサンの脱水素反応が冷却用（低温側）ケミカルヒートポンプHP1の発熱（排熱）を熱源に利用して行われ、トルエン・水素混合气体が生成される。この冷却用ケミカルヒートポンプHP1の水素化反応器（発熱反応器）56と脱水素反応器106は、熱交換可能な熱交換器を構成する。冷却用ケミカルヒートポンプHP1の発熱温度約200°Cで脱水素反応器106内の吸熱反応が進められる。脱水素反応器106の内部温度は温度センサ59の検出値に基づく制御部C7によるヒータ60の制御により脱水素反応温度（約200°C）に調節されるようになっている。脱水素反応後の混合气体の顯熱は熱交換器105によってメチルシクロヘキサンの予熱に使われる。凝縮器107ではトルエンが液化され、気液分離器108にはトルエン（沸点111°C）が液化分離される。脱水素反応器106の内部は触媒担持されており、触媒には例えばアルミナ担持白金などが使用される。なお、第1のケミカルヒートポンプはケミカルヒートポンプHP1により構成され、第2のケミカルヒートポンプはケミカルヒートポンプHP2により構成される。

【0125】

気液分離器108は管路109を通じて補助タンク101に接続されている。管路109上には凝縮器110が設けられている。気液分離器108内の水素を含むガスは管路109を通って補助タンク101に送られる。

【0126】

補助タンク101には水素分離膜（水素透過膜）111が設けられ、その水素分離膜111を隔てたその下流側の室には水素供給管路112が接続されている。水素分離膜111を通り抜けた純水素は水素供給管路112を通じて燃料電池1に供給されるようになっている。水素供給管路112上には減圧弁113および流量制御弁（MFC）114が設けられている。流量制御弁114は制御部C6により発電が必要と判断されたときを開かれるとともに要求発電量に応じた開度に制御され、燃料電池1には要求発電量に応じた流量で水素が供給されるようになっている。減圧弁113は流量制御弁114の上流側で水素の圧力を減圧する。

【0127】

一方、水素化反応系部分は、気液分離器108と、気液分離器108に入口と出口を接続する循環管路115と、循環管路115上に設けられたポンプ116、水素化反応器117、熱交換器118、減圧弁119および凝縮器120とを備えている。循環管路115にはポンプ116と水素化反応器117との間に、水素供給管路112から分岐した水素供給管路121が接続されている。水素供給管路121上には、2つの圧縮機122が設けられている。水素は2つの圧縮機122により高圧（例えば約20気圧）に圧縮されてから水素化反応器117の上流側に供給されるようになっている。また、水素化反応器117には温度センサ123が設けられ、管路115に設けられたヒータ124が温度センサ123の検出値に基づいて制御部C11により制御されることにより、その加熱によって水素化反応器117の内部温度が約350°Cの水素化反応温度に調節されるようになっている。

【0128】

水素化反応器117の内部は触媒担持されており、触媒には例えばアルミナ担持白金などが使用される。水素化反応器117ではトルエン水素化反応（発熱反応：約350°C）によりメチルシクロヘキサン、トルエン及び水素の平衡混合物が得られる。つまり、水素化反応器117でトルエンの水素化反応が行われることによりメチルシクロヘキサンが再生される。水素化反応後の平衡混合ガスの頭

熱は熱交換器118によって水素の予熱に使われる。トルエン水素化反応後の平衡混合ガスは、熱交換器118を通るときに降温されるとともに減圧弁119により減圧されてから凝縮器120でトルエン（沸点111°C）が液化された状態で、気液分離器108に還流される。

【0129】

気液分離器108では未反応トルエン（沸点111°C）が液化され、メチルシクロヘキサンガス（沸点101°C）は管路109を通じて補助タンク101に送られる。管路109上の途中に設けられた凝縮器110でメチルシクロヘキサンは液化されて補助タンク101に貯留される。

【0130】

補助タンク101には液面センサ125が設けられ、液面センサ125の検出信号に基づき管路100上のポンプ102が制御部C12により駆動されることによって、補助タンク101には常時設定量（設定液面）以上のメチルシクロヘキサン液が蓄えられている。

【0131】

また、気液分離器108にはトルエン液を排出するための管路126が燃料タンク10の回収室14との間に接続されている。気液分離器108に溜まったトルエン液は、その液面を検出する液面センサ127の検出信号に基づき管路126上のポンプ128が制御部C13により駆動されることによって、設定量（設定液面）を超えた分量については燃料タンク10の回収室14に送られるようになっている。なお、気液分離手段は、凝縮器110、120、気液分離器108、補助タンク101、水素分離膜111、管路112、126、ポンプ128等により構成される。

【0132】

水素化反応器117の排熱は、発電システムGSの熱源に使用される。発電システムGSは、タンク130と、タンク130に入口と出口を接続する循環管路131と、循環管路131上に設けられたポンプ132、水蒸気発生器（受熱器）133、スクロール式膨張機134および凝縮器135と、熱機関としてのスクロール式膨張機134に駆動連結された発電機136とを備えている。ポンプ

132は水素化反応器117に設けられた温度センサ123の検出信号に基づき制御部C11により駆動制御される。水素化反応器117と水蒸気発生器133は熱交換器を構成し、水素化反応器117内の発熱反応熱を熱源として水蒸気発生器133では水から水蒸気が生成される。スクロール式膨張機134は水蒸気により駆動され、その駆動力により発電機136が駆動されて発電が行われる。発電機136により発電された電力は図示しないバッテリに蓄えられ、燃料電池システムFCSの供給電力として使用されるようになっている。なお、排熱手段及び発電手段は、水素化反応器117、タンク130、循環管路131、ポンプ132、水蒸気発生器133、スクロール式膨張機134、凝縮器135及び発電機136により構成される。

【0133】

この実施形態によれば、第2の実施形態と同様に(1)～(4)、(6)、(9)の効果が得られる。その他、次の効果が得られる。

(10) 排熱を利用して発電をするので、燃料単位当たりの発電効率を高めることができる。また、密閉式であるスクロール式膨張機を使用するので、開放式のタービンに比べ回転速度の高低によらず広い回転数域で高い機械効率が得られる。

【0134】

(第4の実施形態)

以下、本発明を具体化した第4の実施形態を図10、図11に従って説明する。

【0135】

本実施形態の燃料電池システムFCSは、脱水素反応後の反応生成物を回収した回収液をバーナで燃焼させ、脱水素反応の熱源として利用する。燃料電池1の冷却には従来同様に冷却水によるラジエータを使用する。

【0136】

図10に示すように燃料電池システムFCSは、燃料電池1と、水素供給システム2を備える。水素供給システム2はIPAを燃料としてその脱水素反応により水素を生成し、燃料電池1に供給するとともに、その反応生成物であるアセト

ンは前記第1の実施形態と同様に回収して保管する。なお、燃料電池1の空気供給系（空気供給システム）については図示を省略している。

【0137】

燃料液貯蔵手段及び回収液貯蔵手段としての燃料タンク140は、タンク141と、タンク141の内部を上下二室に区画するようにタンク141内に設けられた可動仕切としての隔膜142とを備える。タンク141内には、隔膜142の下側に燃料室13が、隔膜142の上側に回収室14が区画されている。隔膜142は例えば燃料に対して高い耐油性を有するゴムからなる。図11(a)に示すように、燃料が多いときは隔膜142は上方へ凹むように弾性変形をし、燃料室13の容積が広くなるとともに回収室14の容積が狭くなる。図11(b)に示すように、燃料が少ないとときは隔膜142は下方へ凹むように弾性変形をし、燃料室13の容積が狭くなるとともに回収室14の容積が広くなる。つまり、燃料の消費による燃料の減量と回収液の增量とをバランスさせるように隔膜142が変形して両室13、14の容積を変化させる。なお、図11の方式の燃料タンク140に水素分離膜155を設けて本実施形態では使用している。

【0138】

水素供給システム2は、燃料タンク140と、燃料タンク140の燃料室13に入口が接続されるとともに出口が気液分離器147に接続された管路143と、管路143上に設けられたポンプ144、脱水素反応手段としての脱水素反応器145および凝縮器146とを有する。脱水素反応器145に使用できる触媒は第1の実施形態と同様である。

【0139】

脱水素反応器145でのIPAの脱水素反応により生成された水素及びアセトンは、凝縮器146でIPA（沸点81°C）が液化された状態で気液分離器147に送られる。気液分離器147に接続された管路148は、管路143に対しポンプ144と脱水素反応器145との間ににおいて接続されている。管路148上にはポンプ149が設けられ、気液分離器147に設けられた液面センサ150の検出値に基づき液面が設定液面以上になると、制御部C15によりポンプ144に替えてポンプ149が駆動され、気液分離器147のIPAが脱水素反応

器145に供給されるようになっている。

【0140】

気液分離器147に接続された管路151は気液分離器152に接続され、管路151上には凝縮器153が設けられている。気液分離器147内のガスは管路151を通じて途中の凝縮器153でアセトン(沸点56°C)が液化され、気液分離器152にはアセトンが液化分離される。気液分離器152内のガスは管路154を通じて燃料タンク140の回収室14に送られ、気液分離器152内のアセトンは所定液面に達すると管路154を通じて燃料タンク140の回収室14に流れ込む。

【0141】

燃料タンク140の回収室14には水素分離膜155が設けられ、水素分離膜155を隔てた下流側の室には管路156が接続されている。管路156上には減圧弁157および流量制御弁158が設けられている。制御部C15は発電が必要であると判断すると、流量制御弁158を開くとともに要求発電量に応じた開度に制御し、燃料電池1には要求発電量に応じた流量で水素が供給される。減圧弁157は流量制御弁158の上流側で水素の圧力を減圧する。

【0142】

燃料タンク140の回収室14には水素の圧力を検出するための圧力センサ159が設けられ、圧力センサ159の検出値に基づいて水素の圧力が設定値未満になると、制御部C15によりポンプ144又はポンプ149が駆動され、IPAが脱水素反応器145に供給されるようになっている。なお、気液分離手段は、燃料タンク140、凝縮器146、153、気液分離器147、152、管路143、151、154、水素分離膜155等により構成される。

【0143】

燃料タンク140の回収室14に接続された管路160は、燃焼手段としてのバーナ161に接続されており、管路160上にはポンプ162が設けられている。バーナ161は脱水素反応器145の近傍に位置し、圧力センサ159の検出値に基づく判断により、回収室14の水素の圧力がポンプ144(149)の駆動開始設定圧以下になると、制御部C15によりポンプ162が駆動されると

ともにようにバーナ161が着火されるようになっている。脱水素反応器145には温度センサ163が設けられ、温度センサ163の検出値に基づき脱水素反応器145の内部温度が燃料（IPA）の脱水素反応温度約80°Cになるように制御部C15によりポンプ162の回転速度が制御され、バーナ161に供給されるアセトン量が調節されるようになっている。よって、回収液（アセトン）の一部はバーナ161で燃焼されることで脱水素反応器145の熱源として利用される。なお、バーナ161の燃焼熱を低温起動時等の補助熱源として利用することも可能である。

【0144】

この実施形態では燃料にIPAを使ってその回収液であるアセトンを燃焼させる方式を採用したが、燃料はIPA以外であってもよく、シクロヘキサンやメチルシクロヘキサンを燃料として使用することもできる。この場合は、IPAとは燃料の脱水素反応温度が異なるので、脱水素反応器の内部温度が燃料に使用する含水素有機系化合物の脱水素反応温度となるように温度センサ163の検出値に基づいて制御部C15によりバーナ161の燃焼を制御すればよい。

【0145】

この実施形態によれば、前記第1の実施形態で述べた（1）の効果の中で燃焼によって発生するCO₂は大気に排出されるが、従来のメタノール改質よりも排出量は少なく、それ以外は（1）と同等の効果が得られると共に、（2）～（4）の効果が同様に得られる。すなわちCO₂が混入しない純水素供給方式でながら、小型、軽量、取扱容易性、インフラ整備面などの総合評価で従来知られる他方式の燃料電池システムに比べ優れている。よって車載用の燃料電池システムとしてより実用的であり、さらに回収液保管方式でありながら隔膜式の燃料タンク140を使用することによってタンク容積を小さく抑えることができ、システム全体の小型化にも寄与する。さらに以下の効果が得られる。

（10）回収液を燃焼させて脱水素反応器145の熱源とするので、回収液を有効利用できる。また、例えば車載用に使用する場合、回収液の燃焼消費による減量によって走行距離を延ばす方向に寄与する。

【0146】

(第5の実施形態)

次に第5の実施形態を図12に基づいて説明する。

この実施形態は、前記第3の実施形態のように燃料電池1の廃熱を利用して発電をする場合の他の発電方式を採用する例で、ゼーベック効果を利用した発電方式を採用する。

【0147】

図12に示すように、例えばケミカルヒートポンプHP2を構成する水素化反応器117に対し伝熱板170を介した状態で発電手段としての熱発電素子171を配置する。熱発電素子171は、高温側電極172と、2つの低温側電極173, 174と、高温側電極172と低温側電極173間に挟まれたn型半導体175と、高温側電極172と低温側電極174間に挟まれたp型半導体176とから構成される。そして各低温側電極173, 174が配線177, 178を介してバッテリ179のマイナス電極およびプラス電極にそれぞれ接続されている。

【0148】

水素化反応器117の発熱による熱が伝熱板170を介して伝えられて高温側電極172が加熱されて高温側電極172が高温になり、低温側電極173, 174との間に温度差が生じると、起電力が発生し、バッテリ179が充電される。

【0149】

よって、この実施形態によれば、前記第3の実施形態と同様の効果が得られる。さらに次の効果が得られる。

(11) 热発電素子171を使用すれば、水蒸気発電方式に要求される排熱温度に比べ低い温度レベルの排熱温度であっても十分発電をすることができる。

【0150】

(第6の実施形態)

次に第6の実施形態を図13に基づいて説明する。

この実施形態は、第2の実施形態の変形例である。第2の実施形態では二段の

ケミカルヒートポンプを構築して高温で排熱する方式を採用したが、この実施形態では冷却用ケミカルヒートポンプのみの一段とし、水素生成系は燃料の脱水素反応のみで水素化反応は行わない構成としている。燃料の脱水素反応後の反応生成液を回収して保管する回収液保管方式である点は同じである。

【0151】

図13に示すように、燃料電池1を冷却するための燃料電池冷却系CSの構成は、第2の実施形態と基本的に同じであり、IPA／アセトン系のケミカルヒートポンプHP1を構築した構成である。この例では水素化反応器の下流域にラジエータを加えている。なお、ケミカルヒートポンプHP1は第1のケミカルヒートポンプを構成する。

【0152】

燃料電池システムFCSを構成する水素供給システム2は、燃料電池冷却系CSと水素供給系HSSを備える。

燃料電池冷却系CSは、タンク50と、タンク50に入口と出口が接続されるとともに燃料電池1の内部を経由する循環管路51と、循環管路51上に設けられたポンプ52、熱交換器53、脱水素反応器（吸熱反応器）54、熱交換器55、水素化反応器（発熱反応器）56、ラジエータ180および凝縮器57とを有する。脱水素反応器54は燃料電池1に内蔵されている。また、ラジエータ180の近傍にはラジエータ180に送風するための冷風機181が設けられている。ラジエータ180及び冷風機181をえたのは、前記第2の実施形態において高温側ケミカルヒートポンプで昇温して排熱していた排熱部分が無くなるので、その替わりの排熱部分を設けるためである。

【0153】

燃料電池1には温度センサ58が設けられ、燃料電池1が作動温度になってから温度センサ58の検出値に基づいて制御部C6によりポンプ52は駆動される。また、水素化反応器56には温度センサ59が設けられ、温度センサ59の検出値に基づき制御部C7によりヒータ60が制御されることにより、水素化反応器56内が水素化反応温度（約200°C）となるように温度制御される。また、タンク50に接続された管路70の先端が循環管路51の水素化反応器56の上

流側にて接続され、管路70上に設けられたコンプレッサCP2が、タンク50に設けられた圧力センサ（図示せず）の検出値に基づいて制御部C6により駆動されることによってタンク50の内部圧が設定値を超えないようになっている。

【0154】

次に水素供給（生成）系について説明する。

水素供給系HSSは、燃料タンク10から気液分離器88に至る系のみが第2の実施形態と構成が異なる。シクロヘキサン／ベンゼン系のケミカルヒートポンプに替え、脱水素反応系のみとなる。

【0155】

燃料タンク10の燃料室13は管路183を通じて気液分離器88に接続され、管路183上にはポンプ184、熱交換器185、脱水素反応手段としての脱水素反応器186、流量制御弁（MFC）187および凝縮器188が設けられている。脱水素反応器186は水素化反応器56と共に熱交換器を構成している。脱水素反応器186の内部は触媒担持されており、触媒には例えばアルミナ担持白金などが使用される。脱水素反応器186ではシクロヘキサンの脱水素反応によってベンゼン及び水素が生成され、その顯熱は熱交換器185によってシクロヘキサンの予熱に使われる。

【0156】

シクロヘキサン脱水素反応後のガスは、管路183上の途中に設けられた凝縮器188でベンゼン（沸点80°C）が液化され、気液分離器88には水素とベンゼンが気液分離される。

【0157】

気液分離器88には水素分離膜91が設けられ、水素分離膜91を隔てた下流側の室には水素供給管路92が接続されている。気液分離器88からは水素分離膜91を通り抜けた純水素が水素供給管路92を通じて燃料電池1に排出される。水素供給管路92上には減圧弁93および流量制御弁（MFC）94が設けられている。制御部C6は発電要求指令があると、流量制御弁94を開弁させて要求発電量に応じた開度に制御し、燃料電池1には要求発電量に応じた流量で水素が供給されるようになっている。減圧弁93は流量制御弁94の上流側で水素の

圧力を減圧する。

【0158】

気液分離器88内の水素の圧力を検出する圧力センサ95の検出信号に基づき流量制御弁187は制御部C9により制御され、気液分離器88には水素が常時設定圧以上蓄えられるようになっている。また、気液分離器88と燃料タンク10の回収室14とを繋ぐように管路97が両者の間に接続されている。管路97上にはポンプ98が設けられている。気液分離器88にはベンゼン液量を検出する液面センサ99が設けられ、制御部C9は液面センサ99の検出信号に基づきポンプ98を駆動し、気液分離器88内のベンゼン液量が設定量を超えないようベンゼンを燃料タンク10の回収室14へ送るようになっている。

【0159】

ポンプ184は例えば流量制御弁187が開弁されるとほぼ同時に駆動される。すなわち、流量制御弁187が開弁されて気液分離器88へ供給される水素流出量を補うだけの水素を生成し得る量のシクロヘキサンを脱水素反応器186へ供給できる駆動速度でポンプ184は駆動される。なお、気液分離手段は、気液分離器88、凝縮器188、管路92、97、ポンプ98等により構成される。

【0160】

この実施形態によれば、前記第2の実施形態と同様に(1)～(4)、(8)の効果が得られる。さらに次の効果が得られる。

(12) ケミカルヒートポンプが一段であるが、ラジエータ180は約200°Cのガス温度を下げるためのものでなので、80°Cの冷却水温を下げる従来構成に比べ排熱効率が高く、ラジエータ180を小型にすることができる。

【0161】

(第7の実施形態)

次に第7の実施形態を図14に基づいて説明する。

この実施形態は、燃料電池システムFCSを自動車に搭載した例であり、自動車に回収保管した回収液を再利用する燃料リサイクルシステムに関するものである。

【0162】

図14に示すように、車両としての自動車200には燃料電池システムFCSが搭載されている。自動車200は燃料電池1が発電した電力により走行用電動モータ（図示せず）を駆動して走行する。自動車200に搭載された燃料タンク10の燃料室13内の燃料は走行することにより消費され、その回収室14には燃料の脱水素反応後の反応生成液（回収液）が回収され保管される。

【0163】

給油スタンド210で給油するときには燃料タンク10に繋いだ給油ホース211及び排油ホース212を経由してポンプ213, 214によって、燃料室13に燃料が給油されるとともに回収室14内の回収液が回収される。給油場所には給油スタンド210と管路215, 216で接続された燃料タンク220及び反応生成液タンク230が設置され、給油ホース211が燃料タンク220に接続されるとともに、排油ホース212が反応生成液タンク230に接続されている。燃料タンク220及び反応生成液タンク230はそれぞれ管路217, 218を通じて大型の水素化反応装置240に接続されている。水素化反応装置240は回収液を水素化反応させて燃料を再生する装置であって、その基本構造は前記第1～第3の各実施形態における水素供給システムと同様である。

【0164】

よって、給油する際に自動車200の燃料タンク10から排油ホース212を経由してポンプ214によって反応生成液タンク230に回収された回収液は、管路218を通じて水素化反応装置240に送られる。そして、水素化反応装置240では回収液の水素化反応が行われて燃料が再生される。水素化反応装置240で再生された燃料は管路217を通じて燃料タンク220に送られ、給油時に燃料として管路215及び給油ホース211を通じて自動車200に給油される。なお、水素化反応装置240は必ずしも給油場所に設置されている必要はなく、例えば遠方に設置された水素化反応装置240と各タンク220, 230がパイプラインを通じて接続されていてもよい。

【0165】

この実施形態によれば次の効果が得られる。

（13）燃料電池システムFCSを搭載した自動車200がCO₂を排出しな

いとともに、自動車200から回収した回収液（反応生成液）を車外の水素化反応装置240により燃料に再生するリサイクルシステムを構築したときにもCO₂を排出しない構成が可能である。よって、燃料リサイクルの系においてCO₂を一切排出しない（但し、第4の実施形態では回収液を燃焼させたときの微量のCO₂は排出される）システムを提供できる。

【0166】

(第8の実施形態)

次に第8の実施形態を図15に基づいて説明する。

本実施形態は、第1～第3及び第5の実施形態の燃料電池システムFCSを自動車に搭載した場合に燃料電池システムFCSを好適に制御する制御方法に関するもので、特に自動車が走行停止して発電の必要が無くなったときにも、余熱を利用してエネルギー収支の成り立つ範囲内で水素生成または排熱利用による発電を継続する制御を行う。

【0167】

前記第7の実施形態のように自動車200に搭載された燃料電池システムFCSにおいてその制御ユニットMC（図14に示す）にはマイクロコンピュータが内蔵され、そのメモリには、中央処理装置（CPU）により実行される図15のフローチャートで示される余熱運転制御プログラムデータが記憶されている。また、制御ユニットには自動車200の車速センサ201と電気的に接続されている（図14に示す）。なお、制御ユニットMC、車速センサ201及び余熱運転に使用される各種機器により、余熱運転制御手段が構成される。

【0168】

自動車200に設けられたスタートキーがオンされた運転状態において、自動車の電気系統で電力消費が検出されるなどして発電の必要があると判断されたときには、燃料電池システムFCSの発電が指令される。そして、車速センサなどにより走行停止が検出されて発電の必要が無くなったときにCPUは図15のプログラムを実行する。なお、前記第3の実施形態では発電機があるため余熱発電した電力をバッテリに充電する。また、第1及び第2の実施形態では発電機を備えないので、余熱運転により水素の生成および燃料の再生を行う。

【0169】

以下、図15のフローチャートに基づき余熱運転制御について説明する。

まずステップ（以下、単にSと記す）10では、車両停止か否かを判断する。車両停止と判断されなければ当ルーチンを終了し、車両停止と判断されるとS20に進む。

【0170】

S20では、燃料電池への水素供給を停止する。すなわち燃料電池への水素の供給を制御する流量制御弁（MFC）を閉弁させる。このとき温度制御用のヒータも全てオフにする。

【0171】

次のS30では、燃料電池温度が設定温度以上であるか否かを判断する。すなわち、燃料電池1に設けられた温度センサ、あるいは燃料電池冷却系の水素化反応器に設けられた温度センサ、さらに水素生成系の脱水素反応器の温度を検出するための温度センサのうち少なくともいずれか1つからの入力値に基づいて、水素生成、燃料再生、排熱発電において余熱利用可能な温度域にあるかどうかを判断する。設定温度は余熱利用可能な温度域の下限温度に設定されている。ケミカルヒートポンプを多段に備える場合でも高温側ケミカルヒートポンプが発熱するかどうかは燃料電池1の廃熱温度次第なので、余熱利用可能であるかどうかは燃料電池1の温度をみれば分かる。そのため、高温側ケミカルヒートポンプに設けられた温度センサの検出値を使う場合も、その検出値に基づき燃料電池1の温度が余熱利用可能な温度であるかどうかを間接的に判断することになる。そして、燃料電池温度が設定温度以上であればS40に進み、燃料電池温度が設定温度以上でなければS50に進む。

【0172】

S40では、水素供給システムの余熱運転を継続する制御をする。すなわち、燃料電池1の発電を停止した状態で、水素生成系、燃料再生系、排熱発電系のうち各実施形態に応じた所定の系の運転を継続させるように、燃料供給用のポンプや水素供給用の圧縮機などの必要な機器を制御する。

【0173】

そして、燃料電池温度が設定温度未満になると、S50において、水素供給システムの運転を停止させる。なお、エネルギー収支が成り立たない温度範囲であっても、燃料電池1を冷却する必要があるときは少なくとも冷却系については別途運転を継続する。

【0174】

よって、この実施形態によれば次の効果が得られる。

(14) 自動車200が走行停止して発電を停止したときは、水素生成、燃料再生、排熱発電のうち各燃料電池システム構成に応じた少なくとも1つを、余熱を利用して継続運転させる。このため、余熱を利用して電力や電力の元となる水素や燃料を生成するので、余熱の有効利用により燃料電池システムFCSの発電効率を高めることができる。また、排熱発電や燃料の再生により燃料単位当たりの走行距離を延ばすことができる。

(第9の実施形態)

次に第9の実施形態を図16、図17に基づいて説明する。

【0175】

この実施形態は、第7の実施形態と同様、燃料のリサイクルシステムに関するもので、その燃料リサイクルに使用される各設備や輸送手段などの電源にも燃料電池が使用される。

【0176】

自動車や自家発電装置などで使用済み燃料として保管された回収液（脱水素反応生成物）を、天然ガスや石油など資源が豊富で水素の製造コストが比較的安価な海外などに輸送し、海外で回収液を水素化することにより燃料を製造（再生）し、海外から国内に輸送したその燃料を、国内の自動車や自家発電装置などで使用する大規模なリサイクルシステムを構築する。

【0177】

このリサイクルシステムは、図16、図17に示す主に9つに区分される。

- ①自動車200が走行する最終コース
- ②自動車200が給油をするための給油設備250のあるスタンド
- ③スタンドと港との間をタンクローリ260で輸送する陸上輸送

- ④回収液や燃料を一時ストックするための貯蔵設備270のある港
- ⑤タンカー280を使って回収液や燃料を輸送する海上輸送
- ⑥海外における天然ガスや石油などの天然資源の採掘
- ⑦採掘された天然資源を輸送するためのパイプライン
- ⑧天然資源の改質や発電所の電力による水の電気分解を使った水素生成工程
- ⑨タンカー280が運び入れた回収液から燃料を再生する水素化工程

自動車200、液体運搬用移動体としてのタンクローリ260及びタンカー280はいずれも燃料電池システム（但し、ここではタンクを除く部分）202, 261, 281を搭載し、燃料電池を電源とする電動アクチュエータ（図示絵せず）の動力により動く。また、給油設備250、貯蔵設備270および燃料再生手段としての水素化設備290には燃料電池システム（但し、タンクを除く部分）251, 271, 291が設置され、各設備250, 270, 290で必要な電力は燃料電池でまかなう。そして、タンクローリ260、タンカー280、給油設備250、貯蔵設備270および水素化設備290に回収液と燃料の輸送や貯蔵を目的として配備されているタンク262, 282, 252, 272, 292には、燃料室13と回収室14が可動仕切263, 283, 253, 273, 293で区画された可動仕切りタンクが使用されている。各輸送用移動体260, 280および各設備250, 270, 290に配備された燃料電池システム261, 281, 251, 271, 291は、タンク262, 282, 252, 272, 292の燃料室13に貯蔵された燃料の一部を発電に必要な水素生成用燃料として使用し、燃料使用後の回収液をタンク262, 282, 252, 272, 292の回収室14に保管する方式を採用する。すなわち、本来、燃料と回収液の輸送や貯蔵を目的として輸送用移動体260, 280や設備250, 270, 290に備え付けられたタンク262, 282, 252, 272, 292中の燃料を、その輸送用移動体260, 280や設備250, 270, 290に電源装置として配備された燃料電池システム261, 281, 251, 271, 291での発電に一部利用するとともに、その発電に利用された燃料の消費によって生成された反応生成物（回収液）をタンク262, 282, 252, 272, 292に保管する。つまり、輸送や貯蔵用の備え付けタンクを、燃料電池システム

261, 281, 251, 271, 291の燃料タンクとして流用している。

【0178】

自動車200、輸送用移動体260, 280および設備250, 270, 290に配備された燃料電池システム261, 281, 251, 271, 291は、自動車200以外のものが備え付けタンクを流用する構成を採る点を除き、前記各実施形態で述べたものと基本構成は同じである。

【0179】

自動車200は燃料電池システム202と燃料タンク10を搭載する。燃料タンク10は例えばタンク10内が隔膜からなる可動仕切203によって二室13, 14に区画された隔膜式タンクであって、可動仕切203の変形によって二室13, 14の容積が液量の変化に応じて自律的に変化する。

【0180】

給油設備250に設置された給油スタンド210は、地下に設置されたタンク252の二室13, 14と配管を通じて接続された二組のポンプ254, 255, 256, 257を備える。タンク252は例えば可動仕切253に隔膜を使用する隔膜式タンクである。自動車200に給油をするときは、給油ホース211を通じてタンク252の燃料室13から燃料が自動車200の燃料タンク10の燃料室13にポンプ254の駆動によって給油されるとともに、排油ホース212を通じて自動車200の燃料タンク10の回収室14の回収液がタンク252の回収室14にポンプ255の駆動によって回収される。また、燃料電池システム251はタンク252の二室13, 14と配管を通じて接続されており、タンク252に貯蔵された燃料の一部を発電に使用するとともに、発電により生成された反応生成物をタンク252の回収室14に保管する。

【0181】

タンクローリ260は、燃料電池システム261と液体運搬用タンクとしてのタンク262を搭載し、燃料電池システム261はタンク262に貯蔵された燃料の一部を発電に使用するとともに、発電により生成された反応生成物をタンク262の回収室14に保管する。タンク262は例えばタンク262内がピストンからなる可動仕切263によって二室13, 14に区画されたピストン式タン

クであって、可動仕切263の移動によって二室13, 14の容積が液量の変化に応じて自律的に変化する。タンクローリ260は給油設備250と貯蔵設備270との間を走行して燃料と回収液の陸上輸送を担当する。タンクローリ260が貯蔵設備270から給油設備250に輸送した燃料は、タンク262の燃料室13から給油ホース258を通じてポンプ257の駆動によってタンク252の燃料室13に供給されるとともに、タンク252の回収室14内の回収液がポンプ256の駆動によって排油ホース259を通じてタンク262の回収室14へ回収される。

【0182】

貯蔵設備270は、タンク272と燃料電池システム271と、給油スタンド274と回収スタンド275とを備える。タンク272は例えば2つの伸縮式容器272a, 272bが上下二段に接合された構造で、その接合部分からなる可動仕切273によって二室13, 14に区画された二段伸縮式タンクであって、可動仕切273の移動によって二室13, 14の容積が液量の変化に応じて自律的に変化する。燃料電池システム271および各スタンド274, 275は、タンク272の二室13, 14と配管を通じて接続されている。燃料電池システム271はタンク272に貯蔵された燃料の一部を発電に使用するとともに、発電により生成された反応生成物をタンク272の回収室14に保管する。

【0183】

タンクローリ260が給油設備250から港へ運んだ回収液は、貯蔵設備270のタンク272の回収室14へポンプ276の駆動によって回収されるとともに、タンク272の燃料室13からポンプ277の駆動によってタンクローリ260の燃料室13へ燃料が給油されるようになっている。

【0184】

タンカー280は、燃料電池システム281と液体運搬用タンクとしてのタンク282を搭載し、燃料電池システム281はタンク282に貯蔵された燃料の一部を発電に使用するとともに、発電により生成された反応生成物をタンク282の回収室14に保管する。タンク282は例えば隔膜からなる可動仕切283によって二室13, 14に区画された隔膜式タンクであって、可動仕切283の

変形によって二室13, 14の容積が液量の変化に応じて自律的に変化する。タンカー280は貯蔵設備270のある港と、水素化設備290のある港との間を航行し、燃料と回収液の海上輸送を担当する。タンカー280が水素化設備290から貯蔵設備270に海上輸送した燃料は、タンク282の燃料室13から給油ホース284を通じてポンプ278の駆動によってタンク272の燃料室13に供給されるとともに、タンク272の回収室14内の回収液がポンプ279の駆動によって排油ホース285を通じてタンク282の回収室14へ回収される。

【0185】

図17に示すように水素化設備290は、燃料電池システム291と、タンク292と、水素化装置294と給油スタンド295とを備える。タンク292は例えば隔膜からなる可動仕切293によって二室13, 14に区画された隔膜式タンクであって、可動仕切293の変形によって二室13, 14の容積が液量の変化に応じて自律的に変化する。燃料電池システム291、水素化装置294および給油スタンド295は、タンク292の二室13, 14と配管を通じて接続されている。タンカー280が貯蔵設備270から水素化設備290へ海上輸送した回収液は、タンク282の回収室14から給油ホース296を通じてポンプ297の駆動によってタンク292の回収室14に回収されるとともに、タンク292の燃料室13内の燃料がポンプ298の駆動によって排油ホース299を通じてタンク282の燃料室13へ供給される。

【0186】

水素化装置294は水素化反応器を備えた設備で、タンク292の回収室14に貯蔵された回収液（脱水素反応生成物）の水素化反応によって燃料を再生する。水素化反応により生成された燃料はタンク292の燃料室13に保管される。燃料電池システム291はタンク292に貯蔵された燃料の一部を発電に使用するとともに、発電により生成された反応生成物をタンク292の回収室14に保管する。

【0187】

水素化装置294に水素を供給する設備には、メタンやメタノールの改質（例

えば水蒸気改質)により水素を生成する改質装置300や、原子力発電所310の電力をを利用して水の電気分解により水素を製造する電気分解装置320などがある。採掘機330により採掘された天然ガスや石油から精製装置(プラント)340により精製されたメタンやメタノールはパイプライン350を通じて港近くのタンク360へパイプ輸送される。そして改質装置300ではタンク360から供給されるメタンやメタノールを原料に使ってそれを改質することによって水素を製造する。

【0188】

よって、この燃料のリサイクルシステムによれば、国内を走行する自動車200が燃料の消費によって燃料タンク10に回収保管した回収液を、給油設備250に回収する。そして給油設備250に回収した回収液を、タンクローリ260を利用した陸上輸送、およびタンカー280を利用した海上輸送により海外など水素の製造コストが比較的安価な場所まで輸送し、その輸送先で天然資源から比較的安価に製造された水素を使って水素化設備290により回収液から燃料を再生する。

【0189】

そして、陸上輸送や海上輸送に輸送用移動体として使用されるタンクローリ260やタンカー280も、燃料電池システム261、281を電源として電動アクチュエータの動力によって動き、しかも輸送用のタンク262、282に貯蔵された燃料を使って発電をするとともに、燃料使用済みの回収液をタンク262、282に回収する。

【0190】

また、各設備250、270、290では、設備に必要な電力をタンク252、272、292に貯蔵された燃料を使った燃料電池システム251、271、291による発電によってまかなうとともに、発電のため消費した燃料の使用済みの回収液はタンク252、272、292に保管される。例えばポンプ類や照明などに必要な電力は全て燃料電池システム251、271、291の発電によりまかなわれる。

【0191】

以上詳述したように本実施形態によれば、以下の効果が得られる。

(15) 燃料リサイクルのための輸送に使用されるタンクローリ260やタンカー280は搭載した燃料電池システム261, 281による発電により駆動し、しかも輸送用のタンク262, 282に貯蔵された燃料の一部を使用して発電するとともに、燃料の消費によって生成された回収液をタンク262, 282に回収保管する。よって、輸送(運搬)用のタンク262, 282を流用し、燃料電池システム261, 281のための専用タンクを備えないことで、小型化を図ることができる。また、タンク262, 282は可動仕切式タンクであるので、容積を小さくすることができ、タンク262, 282を小型にすることができ、しかも二室に区画する割に多量の燃料や回収液を運搬することができる。

【0192】

(16) 設備250, 270, 290に設置されたタンク252, 272, 292に貯蔵された燃料を使って燃料電池システム251, 271, 291による発電を行って設備250, 270, 290において照明等の必要な電力をまかなくとも、燃料の消費によって生成された回収液をタンク252, 272, 292に回収保管する。よって、貯蔵用のタンク252, 272, 292を流用し、燃料電池システム251, 271, 291のための専用タンクを備えないことで、設備250, 270, 290に自家発電装置を採用した場合に小型化を図ることができる。また、タンク252, 272, 292は可動仕切式タンクであるので、容積を小さくすることができ、タンク252, 272, 292を小型にすることができる。

【0193】

(17) 燃料リサイクルシステムにおいて必要な電力は全て燃料の脱水素反応を利用した燃料電池システムFCSを使用し、回収液から燃料を再生するのに使用する水素の生成のための設備においても炭酸ガスを排出しないシステムを採用することも可能で、リサイクルシステム全体において炭酸ガスを排出しない環境に好ましいシステムを提供できる。

【0194】

なお、実施形態は上記に限定されず、例えば次の形態でも実施できる。

○ 燃料タンクの構成は、前記各実施形態に限定されない。例えば図16に示す燃料タンク410は、2つの伸縮式容器411、412を上下二段に配置して接合させた構成をとる。2つの伸縮式容器411、412の各内部に燃料室13と回収室14が形成される。2つの伸縮式容器411、412の接合部413が可動仕切となる。回収室14の液体はチューブ414を通じて排出される。

【0195】

また図17に示す燃料タンク420は、タンク421の内部にピストン422をその外周面がシール部材423により液密状態にシールされた状態で移動可能に取容し、ピストン422の両側にできる二室を燃料室13と回収室14とする。ピストン422が可動仕切となる。これらの構成によれば、燃料の消費による燃料の減量と回収液の增量とをバランスさせるように可動仕切としての接合部413やピストン422が自律的に移動するので、回収液を貯蔵保管する方式であるものの、その貯蔵容積が小さく済む。なお、燃料タンク410、420は、燃料液貯蔵手段及び回収液貯蔵手段をそれぞれ構成する。接合部413、ピストン422は可動仕切をそれぞれ構成する。

【0196】

○ 燃料として使用する有機系化合物は、上記各実施形態に限定されない。脱水素反を起こす含水素有機系化合物を広く使用できる。また、燃料及び回収液（反応生成物）は常温で液体であることが好ましいが、必ずしも常温で液体である必要はない。例えば常温で固体であっても例えば100°C以下の温度での加温により液体になったり、常温で気体であっても例えば-10°C以上の温度での冷却により液体になるものであってもよい。例えばアルコール類で脱水素反応によりケトン類と水素に分離するもの、飽和炭化水素で脱水素反応により不飽和炭化水素と水素に分離するもの、環状飽和炭化水素類で脱水素反応により芳香族炭化水素等の環状不飽和炭化水素と水素に分離するものなどが挙げられる。

【0197】

○ 第1～第3の実施形態では、第2のケミカルヒートポンプを構築したが、水素化反応器を無くし、第2のケミカルヒートポンプでない構成を採ることもできる。燃料電池の廃熱を脱水素反応の熱源に利用することはできる。

【0198】

○ 第1, 第2の実施形態のように第2のケミカルヒートポンプを構築するシステムにおいては、排熱手段はラジエータ構造に限らず、発電手段を採用することができる。例えば発電用熱機関を駆動するのに必要な水蒸気を作ることができると温度まで昇温可能であれば、熱機関式の発電機を使用し、比較的低温（例えば200°C以下）の昇温しかできない場合は、熱発電素子を使用するとよい。

【0199】

○ 排熱利用の熱機関の動力は発電以外の利用も可能である。例えば補器の駆動などに利用してもよい。

○ 各実施形態において、水素をタンク内に蓄えるのに替えて、水素吸蔵合金を使用することもできる。水素吸蔵合金は燃料から分離した水素を一時保管するために蓄えるだけなので少量で済み、システムの重量負担にならない。

【0200】

○ 燃料の脱水素反応温度まで昇温させるのに使う第1のケミカルヒートポンプは、炭化水素系化合物を使用するものに限定されない。また、水素化脱水素反応系のものにも限定されない。ケミカルヒートポンプを構成できる公知の他の化合物を使用できる。但し、流体系のケミカルヒートポンプが好ましい。

【0201】

○ 燃料電池の廃熱をケミカルヒートポンプによって燃料の脱水素反応温度まで昇温できない場合は、残りの昇温のために機械式ヒートポンプやヒータを併用してもよい。

【0202】

○ ケミカルヒートポンプの段数は1段や2段に限定されない。3段以上の複数段にケミカルヒートポンプを構築することができる。例えば3段以上のケミカルヒートポンプを構築する場合、燃料の脱水素反応を吸熱部にもつケミカルヒートポンプは最高温度段である必要は必ずしもない。例えば燃料の脱水素反応を吸熱部にもつケミカルヒートポンプに対しさらに高温側のケミカルヒートポンプを構築し、例えば排熱の有効利用を図ってもよい。

【0203】

○ 第4の実施形態において、燃料をシクロハキサンやメチルシクロハキサンとし、回収液のベンゼンやトルエンをバーナで燃料させてその燃焼熱を脱水素反応器の熱源とすることもできる。バーナによる脱水素反応器の加熱温度はこの種の燃料の脱水素反応温度（約200°C）に設定する。

【0204】

○ 前記各実施形態において脱水素反応器を燃料電池に組み込んだが、脱水素反応器は燃料電池の外部に設けてもよい。

○ 各実施形態では、燃料の消費による燃料の增量と回収液の減量とをバランスさせるように自律的に移動する可動仕切によって燃料室と回収室とに区画された燃料タンクを使用したが、伸縮式容器内蔵式（図3）、隔膜式（図11）、伸縮式容器二段式（図16）、ピストン式（図17）以外の構造をとるものであってもよい。また自律式ではなく他律的に可動仕切が移動制御されるものであってもよい。さらに燃料を貯蔵保管するタンクと回収液を貯蔵保管するタンクを別個に設けた構成でも構わない。また、タンクローリ260やタンカー280に搭載される輸送用（運搬用）のタンク262、282内の二室の容積変化は、自律式の可動仕切によるものに限定されず、例えば電動式の可動仕切によるものであっても構わない。

【0205】

○ 燃料電池システムは車両電源用や家庭用自家発電装置用の用途に限定されない。燃料電池が使用されるあらゆるものを対象に水素供給システムを採用できる。

【0206】

前記実施形態及び別例から把握できる請求項以外の技術的思想を、以下に記載する。

（1）請求項1～15のいずれかにおいて、前記燃料は、常温で液体の形態をとる炭化水素系化合物からなり、前記反応生成物は常温で液体の形態をとる炭化水素系化合物からなる。

【0207】

（2）請求項12において、前記発電手段は熱発電素子である。低温の廃熱を

を利用して発電できる。

(3) 請求項1～15のいずれか一項の水素供給システムを搭載した車両。

【0208】

(4) 請求項1～15のいずれか一項の水素供給システムを備えた自家発電装置。

【0209】

【発明の効果】

以上詳述したように請求項1に記載の発明によれば、燃料の脱水素反応で得た水素を燃料電池に供給するとともに、反応生成物を液体で回収保管するので、取り扱いに慣れた有機系液体燃料を使用して、比較的小型で、しかも地球温暖化で問題となる炭酸ガスをほとんど排出しない燃料電池用水素供給システムを提供することができる。

【0210】

請求項2及び3に記載の発明によれば、請求項1に記載の発明の効果に加え、燃料の消費により燃料液貯蔵手段が容積を減少させてできた空間に、回収液貯蔵手段は回収液の増加により容積を増加させるため、回収液を貯蔵保管する方式であるものの、燃料と回収液の貯蔵容積を比較的小さくすることができる。

【0211】

請求項4に記載の発明によれば、請求項1～3のいずれか一項に記載の発明の効果に加え、回収液を燃焼手段により燃焼させたその燃焼熱を、脱水素反応器の熱源あるいは低温起動時の補助熱源に利用するので、回収液を有効利用できる。

【0212】

請求項5に記載の発明によれば、請求項1～4のいずれか一項に記載の発明の効果に加え、燃料電池の廃熱を燃料の脱水素反応の熱源に利用するので、燃料電池の廃熱を燃料の脱水素反応に有効利用できるとともに、脱水素反応の吸熱によって燃料電池の排熱効率を高めることができる。

【0213】

請求項6に記載の発明によれば、請求項5に記載の発明の効果に加え、燃料電池の作動温度より高い脱水素反応温度で脱水素反応が進む燃料を使用する場合で

も、少なくとも一段設けられた第1のケミカルヒートポンプにより燃料電池の廃熱が脱水素反応温度まで昇温されるので、燃料電池の廃熱を脱水素反応の熱源として利用することができる。

【0214】

請求項7に記載の発明によれば、請求項5又は6に記載の発明の効果に加え、脱水素水素化反応系の第2のケミカルヒートポンプによって、燃料電池の廃熱はさらに昇温されてから高温で排熱されるので、その排熱効率を高められるとともに、反応生成物から燃料を再生して燃料単位当たりの発電効率を高めることができる。

【0215】

請求項8に記載の発明によれば、請求項1～4のいずれか一項に記載の発明の効果に加え、燃料電池の廃熱を少なくとも一段のケミカルヒートポンプにより昇温してから高温で排熱されるので、排熱効率を高めることができる。例えば排熱手段としてラジエータを使用する構成では、ラジエータを小型化することができる。

【0216】

請求項9に記載の発明によれば、請求項8に記載の発明の効果に加え、脱水素反応手段をケミカルヒートポンプに利用して、燃料電池の廃熱を昇温させ、廃熱効果を高めることができるとともに、ケミカルヒートポンプの発熱側の水素化反応により反応生成物から燃料を再生でき、燃料単位当たりの発電効率を高めることができる。

【0217】

請求項10に記載の発明によれば、請求項6～9のいずれか一項に記載の発明の効果に加え、前記燃料電池の廃熱を昇温させるケミカルヒートポンプの吸熱反応手段が前記燃料電池に内蔵されているので、燃料電池の冷却効果を高めることができる。

【0218】

請求項11に記載の発明によれば、請求項10に記載の発明の効果に加え、脱水素反応手段はその反応通路がセバレータの燃料極面と空気極面との間を通るよ

うにセパレータと一体的に設けられているので、燃料電池に比較的コンパクトに内蔵できるとともに燃料電池からの吸熱効率を高めることもできる。

【0219】

請求項12及び13に記載の発明によれば、請求項7～11のいずれか一項に記載の発明の効果に加え、排熱の熱エネルギーを電気エネルギーに変換して発電をするので、燃料単位当たりの発電効率を高めることができる

【0220】

請求項14に記載の発明によれば、請求項13に記載の発明の効果に加え、熱機関がスクロール式膨張機であるので、回転数の高低にかかわらず高い機械効率を得ることができる。

【0221】

請求項15に記載の発明によれば、請求項7、10～14のいずれか一項に記載の発明の効果に加え、車載用として使用した場合、走行終了後、燃料電池への水素供給を止めて、脱水素反応手段を有するケミカルヒートポンプをエネルギー収支が成り立つ範囲内で余熱運転するので、燃料単位当たりの発電効率を高めることができる。

【0222】

請求項16及び17に記載の発明によれば、燃料電池用水素供給システムから外部へ回収した回収液を運搬し、運搬先で回収液の水素化反応により再生した燃料を運搬し、燃料電池用水素供給システムで利用する燃料リサイクル方法なので、水素製造工程に炭酸ガスを発生しない方法を採用すれば、燃料リサイクルの過程においても炭酸ガスをまったく排出しないシステムを構築できる。

【0223】

請求項18に記載の発明によれば、燃料リサイクルに使用される液体運搬用移動体が搭載する液体運搬用タンクは、可動仕切が燃料室と回収室との二室の容積を液量変化に応じて変化させるように自律的に変位する構造なので、液体運搬用タンクを運搬すべき液量の割に小型にすることができる。

【0224】

請求項19に記載の発明によれば、燃料リサイクルに使用される給油設備が備

えるタンクは、可動仕切が燃料室と回収室との二室の容積を液量変化に応じて変化せしるよう自律的に変位する構造なので、タンクを貯蔵すべき液量の割に小型にすることができる。

【0225】

請求項20に記載の発明によれば、液体運搬用移動体が搭載する液体運搬用タンクの二室は、水素生成用の燃料と回収液の貯蔵室を兼ねるので、燃料電池用水素供給システム専用のタンクを廃止でき、しかもその二室の容積が可動仕切によって変化するので、タンクを二室に区画する割に燃料と回収液を多量に運搬することができる。

【0226】

請求項21に記載の発明によれば、車両に回収保管された回収液を、車外での水素化反応により燃料に再生してリサイクル使用するので、炭酸ガスをまったく排出しない燃料のリサイクルシステムを構築することも可能である。

【図面の簡単な説明】

- 【図1】 第1の実施形態における燃料電池システムを示す回路図。
- 【図2】 燃料電池のセルを示す分解斜視図。
- 【図3】 燃料タンクの側断面図。
- 【図4】 第2の実施形態における燃料電池システムを示す回路図。
- 【図5】 燃料電池のセルを示す模式側面図。
- 【図6】 脱水素反応器の模式平面図。
- 【図7】 図5と異なる燃料電池のセルを示す模式側面図。
- 【図8】 脱水素反応器を構成するセパレータ部品の模式平面図。
- 【図9】 第3の実施形態における燃料電池システムを示す回路図。
- 【図10】 第4の実施形態における燃料電池システムを示す回路図。
- 【図11】 燃料タンクの側断面図。
- 【図12】 第5の実施形態における熱発電素子を示す模式側面図。
- 【図13】 第6の実施形態における燃料電池システムを示す回路図。
- 【図14】 第7の実施形態における燃料電池システムの燃料リサイクルシステムを示す模式図。

【図15】 第8の実施形態における余熱運転制御を示すフローチャート。

【図16】 第9の実施形態における燃料リサイクルシステムの部分模式図

【図17】 同じく燃料リサイクルシステムの部分模式図。

【図18】 別例の燃料タンクの側断面図。

【図19】 図18と異なる別例の燃料タンクの側断面図。

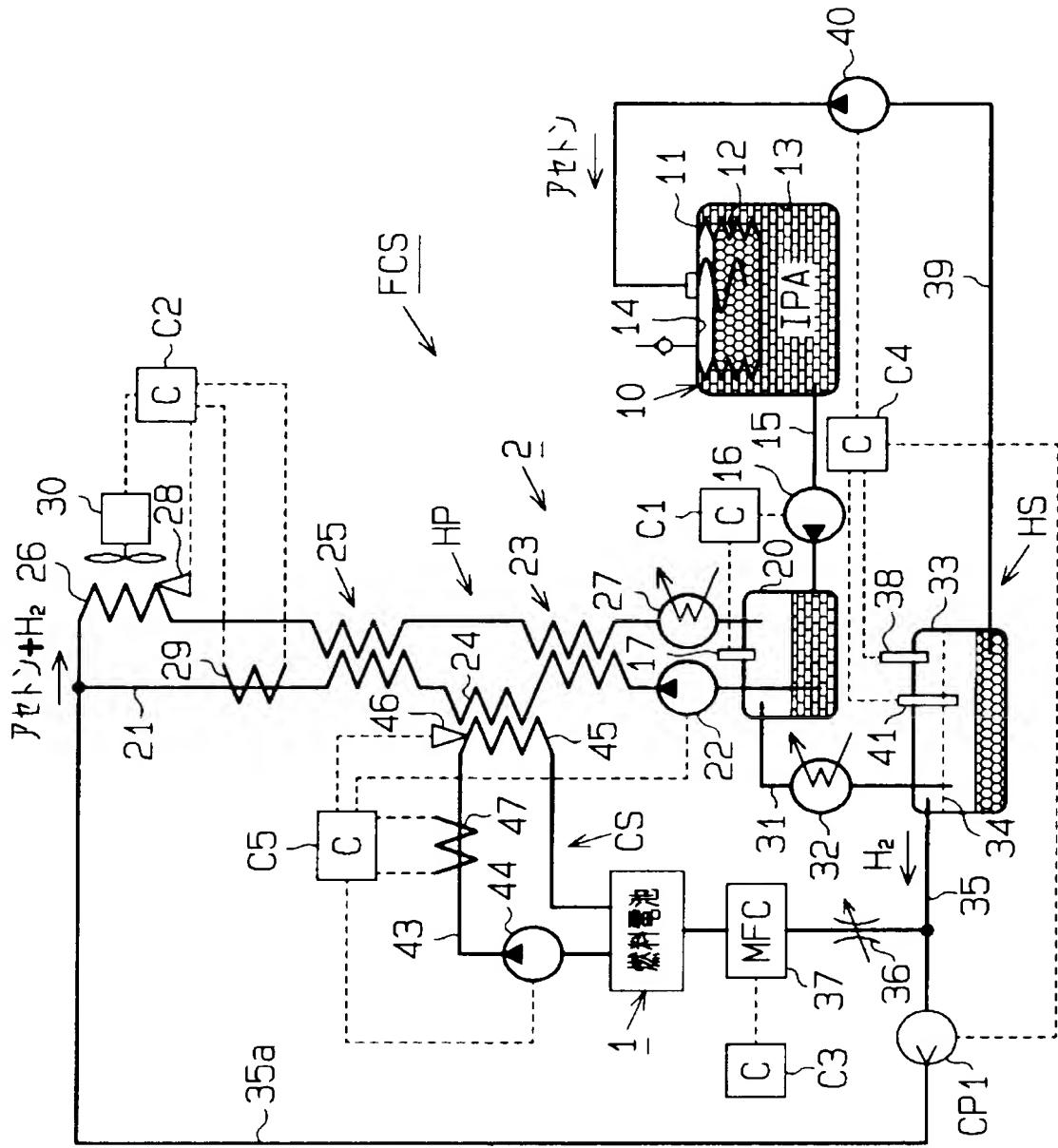
【符号の説明】

1 …燃料電池、 2 …水素供給システム、 3 …セパレータ、 3 a, 3 b, 3 c, 3 d …セパレータを構成するセパレータ部品、 10 …燃料液貯蔵手段及び回収液貯蔵手段としての燃料タンク、 12 …可動仕切としての伸縮式容器、 24, 77, 106, 145, 186 …脱水素反応手段としての脱水素反応器、 20 …気液分離手段を構成する補助タンク、 27, 32 …気液分離手段を構成する凝縮器、 34 …気液分離手段を構成する水素分離膜、 54 …吸熱反応手段としての脱水素反応器、 63 …反応通路としてのチューブ、 69 …反応通路としての反応管路、 87, 92, 97 …気液分離手段を構成する管路、 90 …気液分離手段を構成する凝縮器、 88 …気液分離手段を構成する気液分離器、 91 …気液分離手段を構成する水素分離膜、 98 …気液分離手段を構成するポンプ、 110, 120 …気液分離手段を構成する凝縮器、 108 …気液分離手段を構成する気液分離器、 101 …気液分離手段を構成する補助タンク、 110 …気液分離手段を構成する水素分離膜、 111, 126 …気液分離手段を構成する管路、 128 …気液分離手段を構成するポンプ、 117 …排熱手段及び発電手段を構成する水素化反応器、 130 …排熱手段及び発電手段を構成するタンク、 131 …排熱手段及び発電手段を構成する循環管路、 132 …排熱手段及び発電手段を構成するポンプ、 133 …排熱手段及び発電手段を構成する水蒸気発生器、 134 …排熱手段及び発電手段を構成するスクロール式膨張機、 135 …排熱手段及び発電手段を構成する凝縮器、 134 …排熱手段及び発電手段を構成するとともに熱機関としてのスクロール式膨張機、 136 …排熱手段及び発電手段を構成する発電機、 140 …気液分離手段を構成する燃料タンク、 146, 153 …気液分離手段を構成する凝縮器、 147, 152 …気液分離手段を構成する気液分離器、 151, 152,

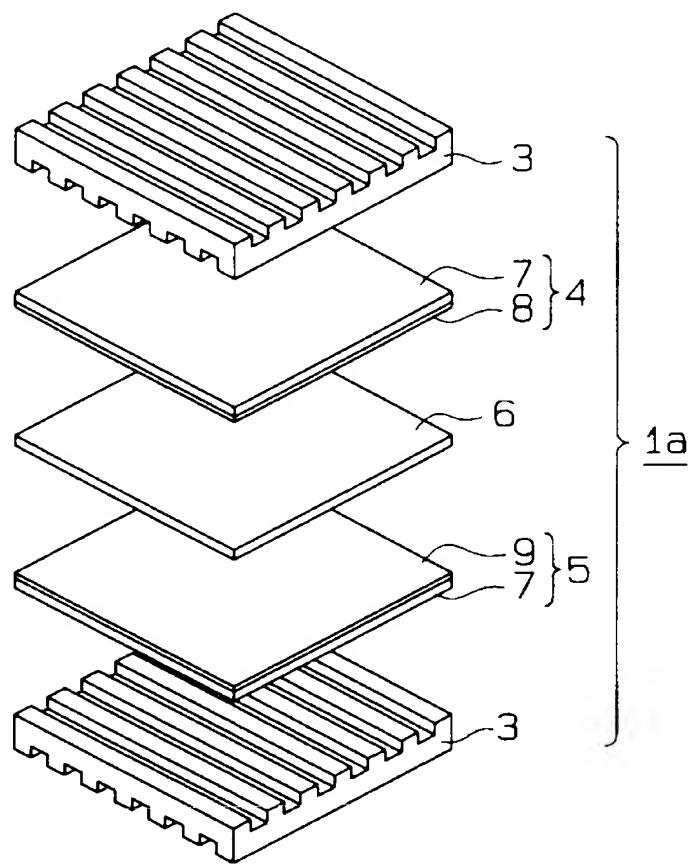
156…気液分離手段を構成する管路、155…気液分離手段を構成する水素分離膜、161…燃焼手段としてのバーナ、171…発電手段としての熱発電素子、88…気液分離手段を構成する気液分離器、188…気液分離手段を構成する凝縮器、92, 97…気液分離手段を構成する管路、98…気液分離手段を構成するポンプ、200…燃料リサイクルシステムを構成する自動車、210…燃料リサイクルシステム及び燃料給油手段を構成する給油スタンド、220…燃料リサイクルシステム及び燃料給油手段を構成する燃料タンク、230…燃料リサイクルシステムを構成するとともに車外回収手段としての反応生成液タンク、240…燃料リサイクルシステムを構成するとともに燃料再生手段としての水素化反応装置、250…給油設備、252…タンク、260…液体運搬用移動体としてのタンクローリ、262…液体運搬用タンクとしてのタンク、280…液体運搬用移動体としてのタンカー、282…液体運搬用タンクとしてのタンク、290…燃料再生手段としての水素化設備、251, 261, 271, 281, 291…燃料電池システム、272, 292…タンク、140, 410, 420…燃料液貯蔵手段及び回収液貯蔵手段としての燃料タンク、142…可動仕切としての隔膜、413…可動仕切としての接合部、422…可動仕切としてのピストン、FCS…燃料電池システム。

【書類名】 図面

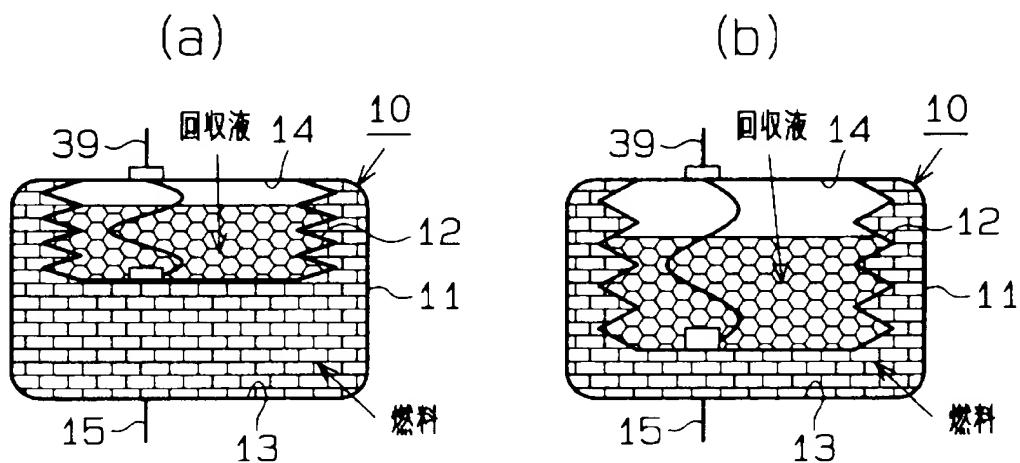
【図1】



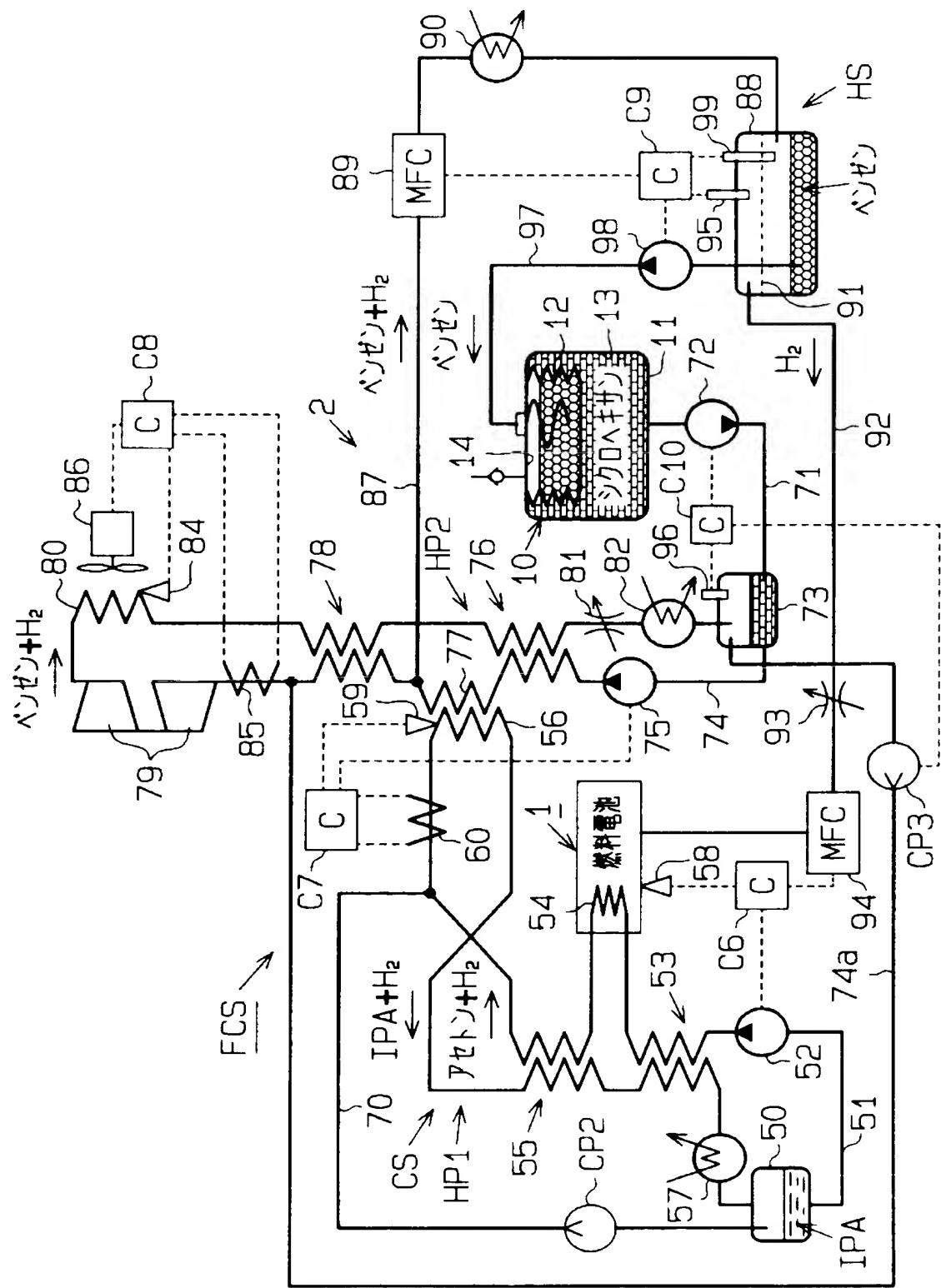
【図2】



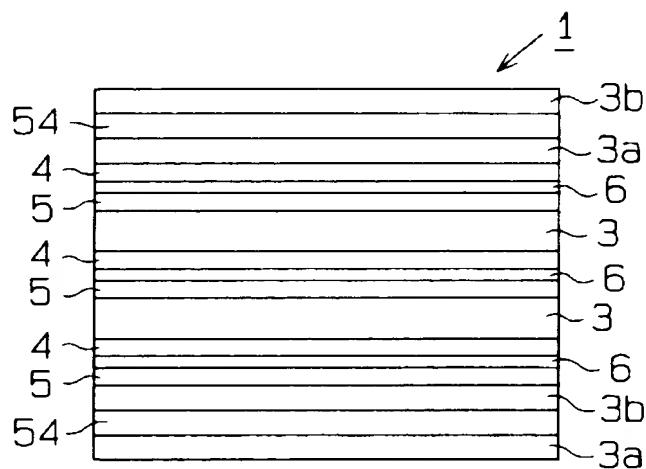
【図3】



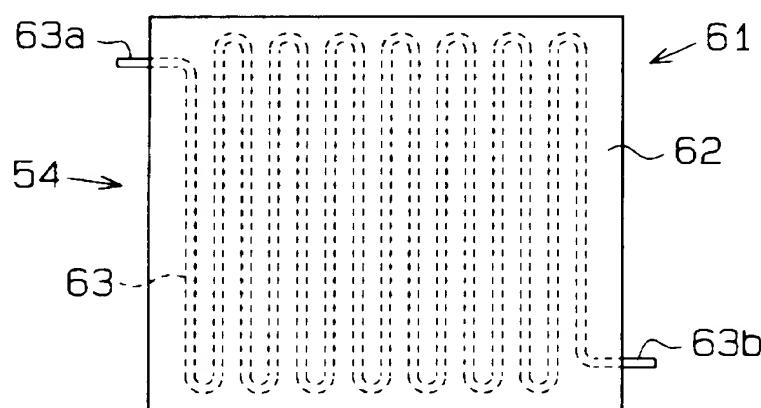
【図 4】



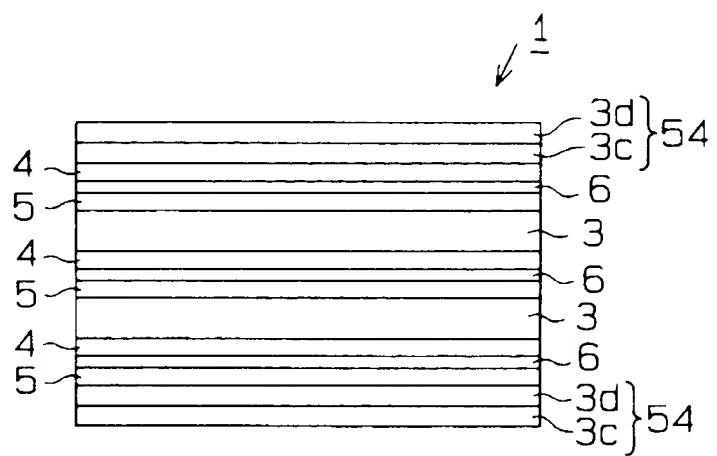
【図5】



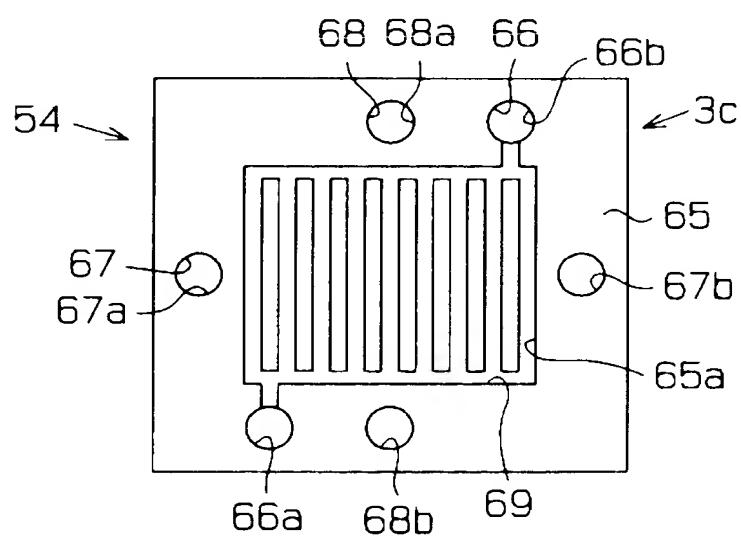
【図6】



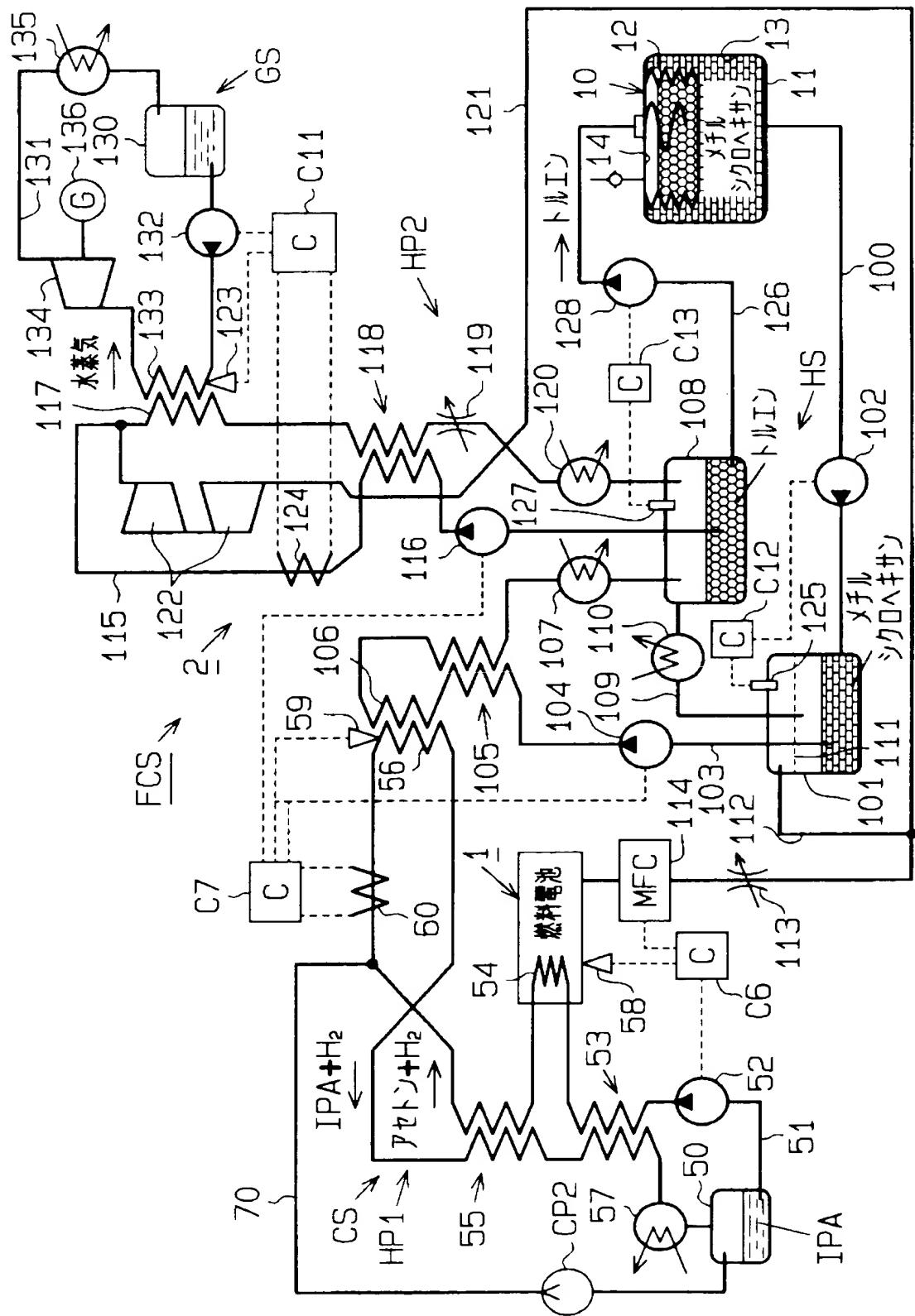
【图7】



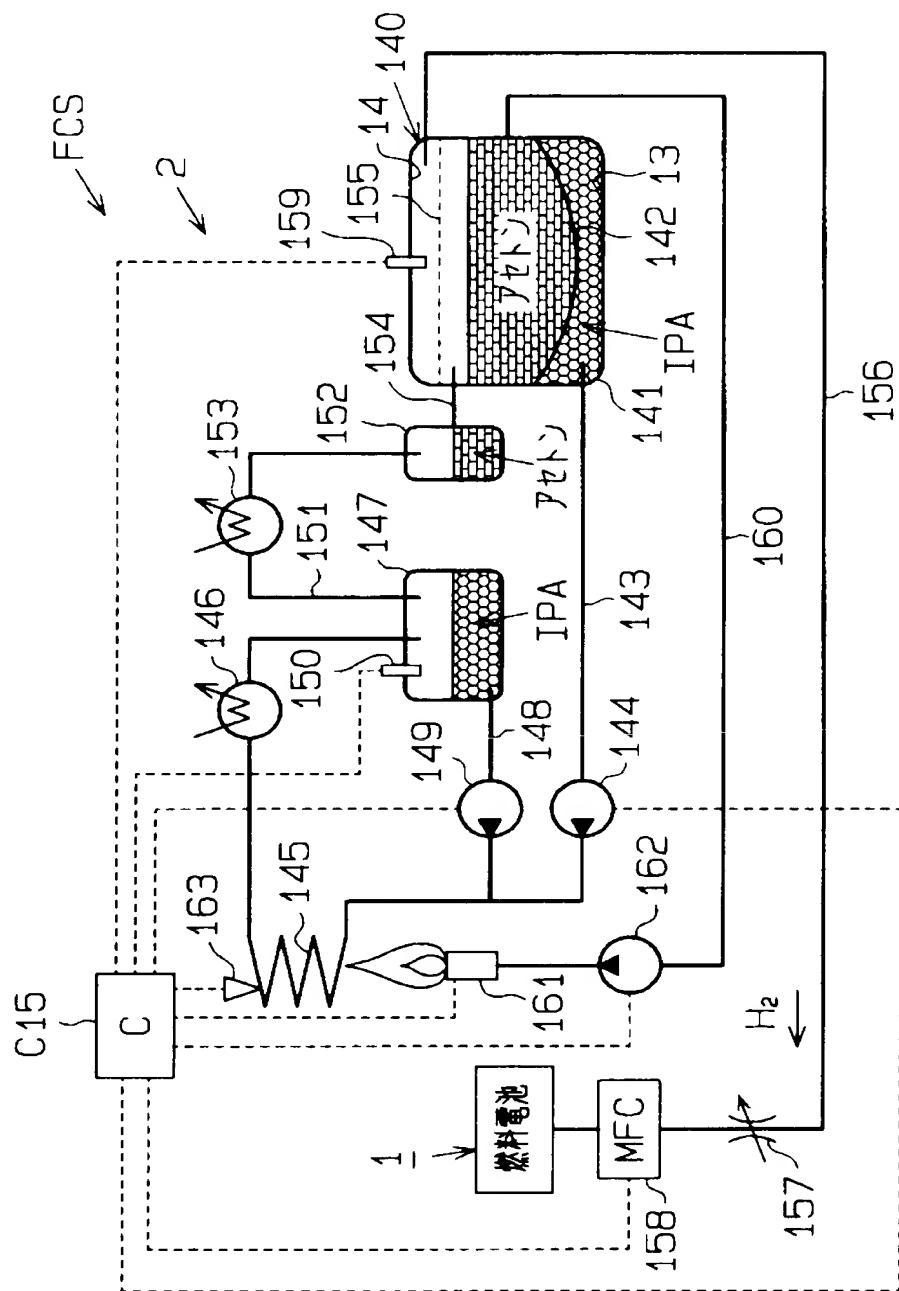
【図8】



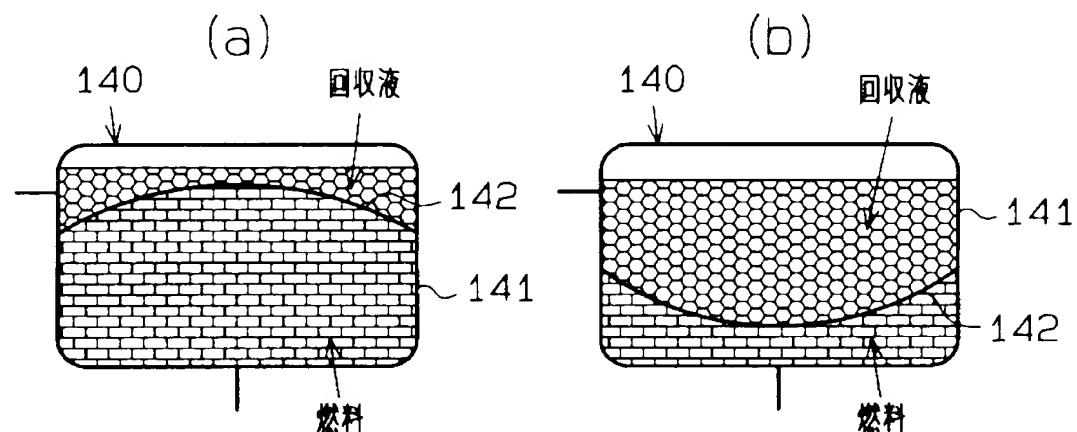
【図9】



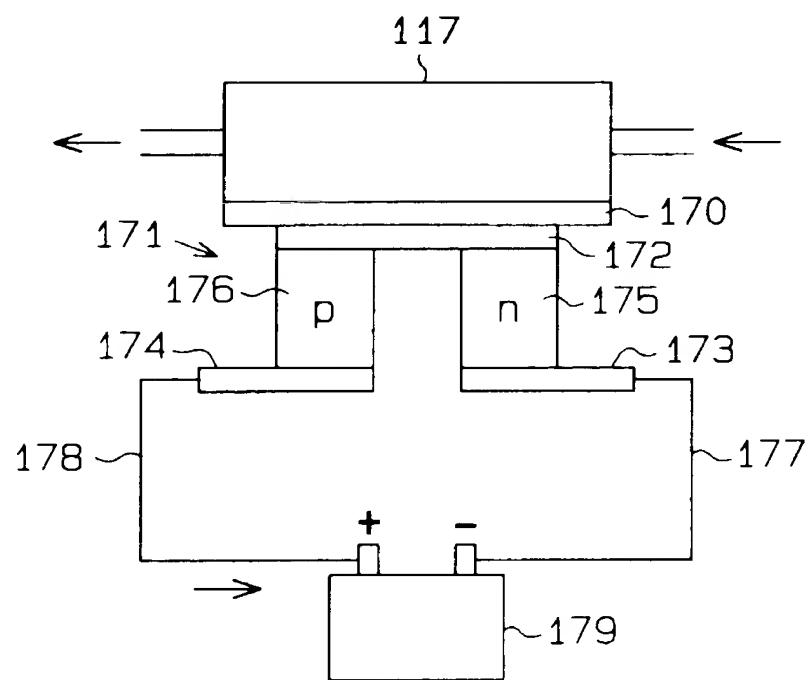
【图 10】



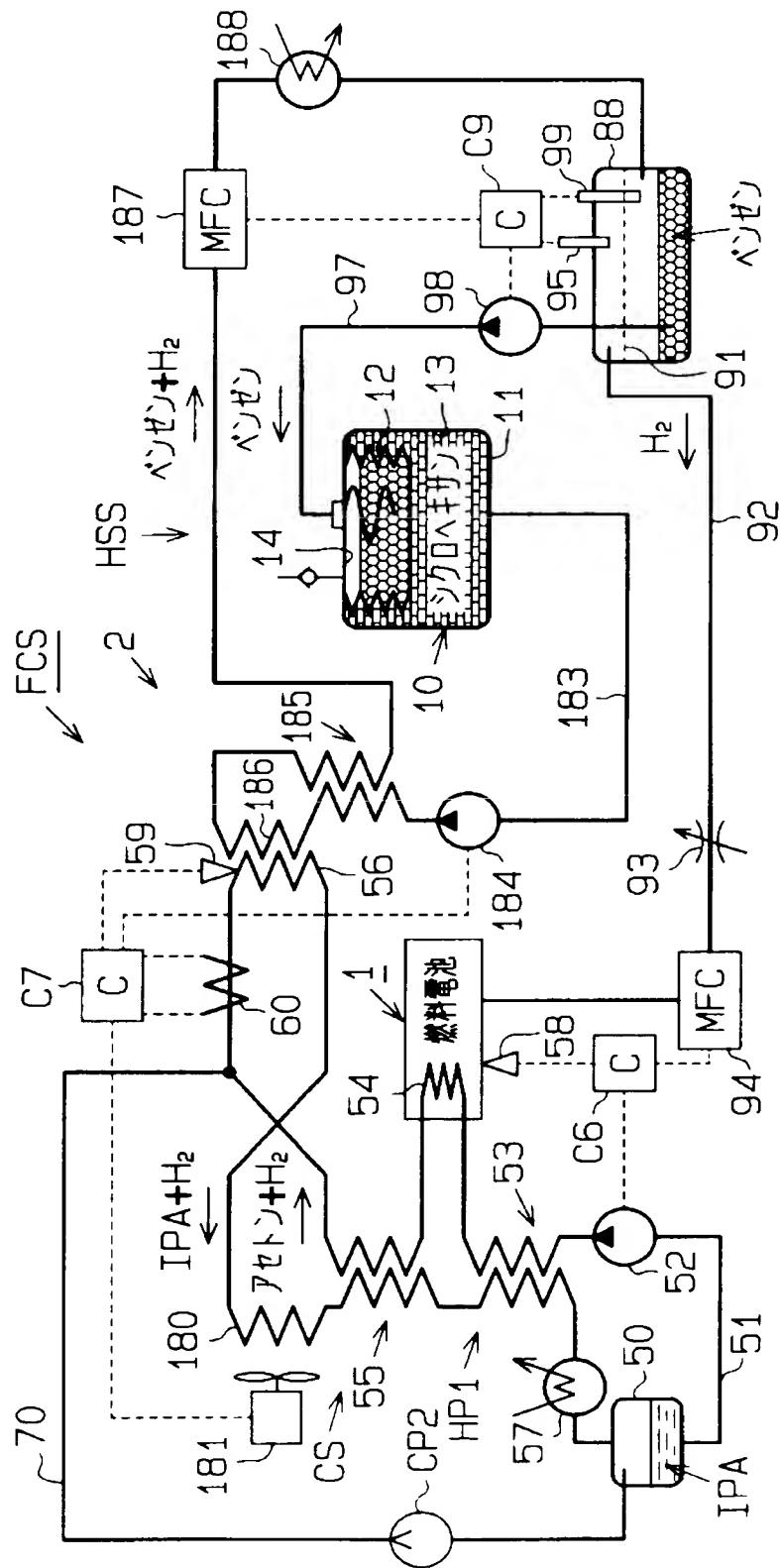
【図11】



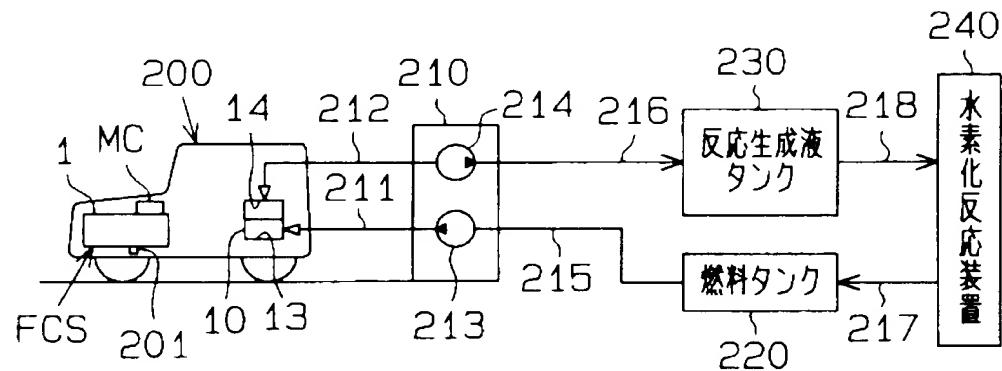
【図12】



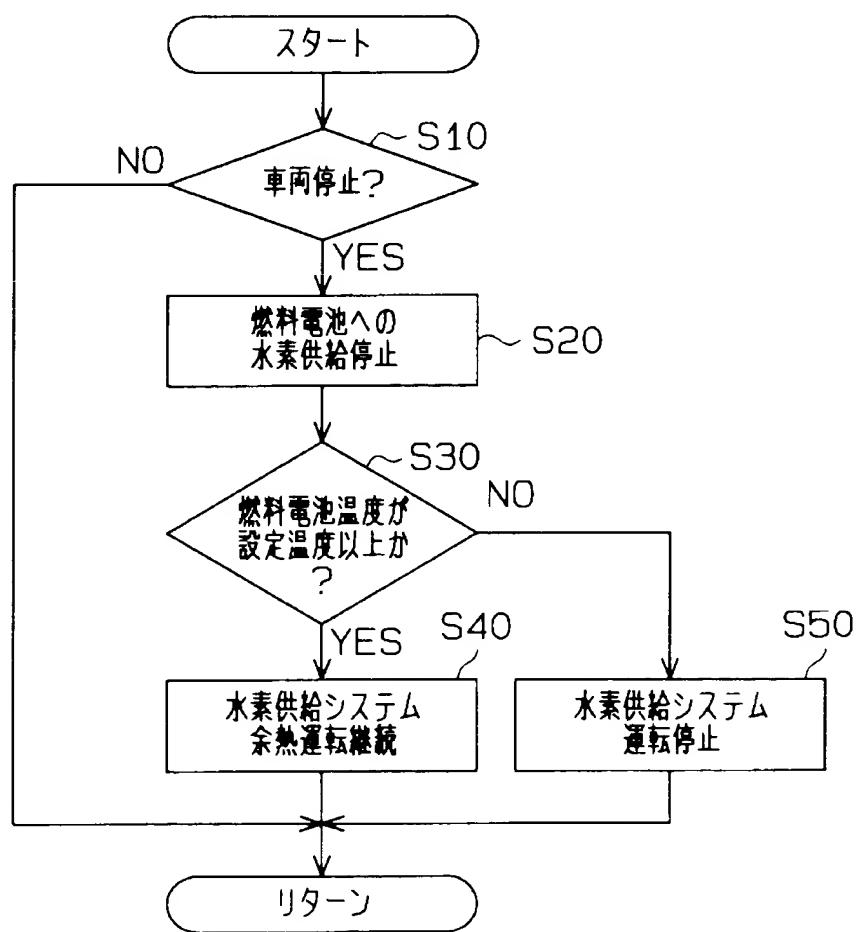
【图 1 3】



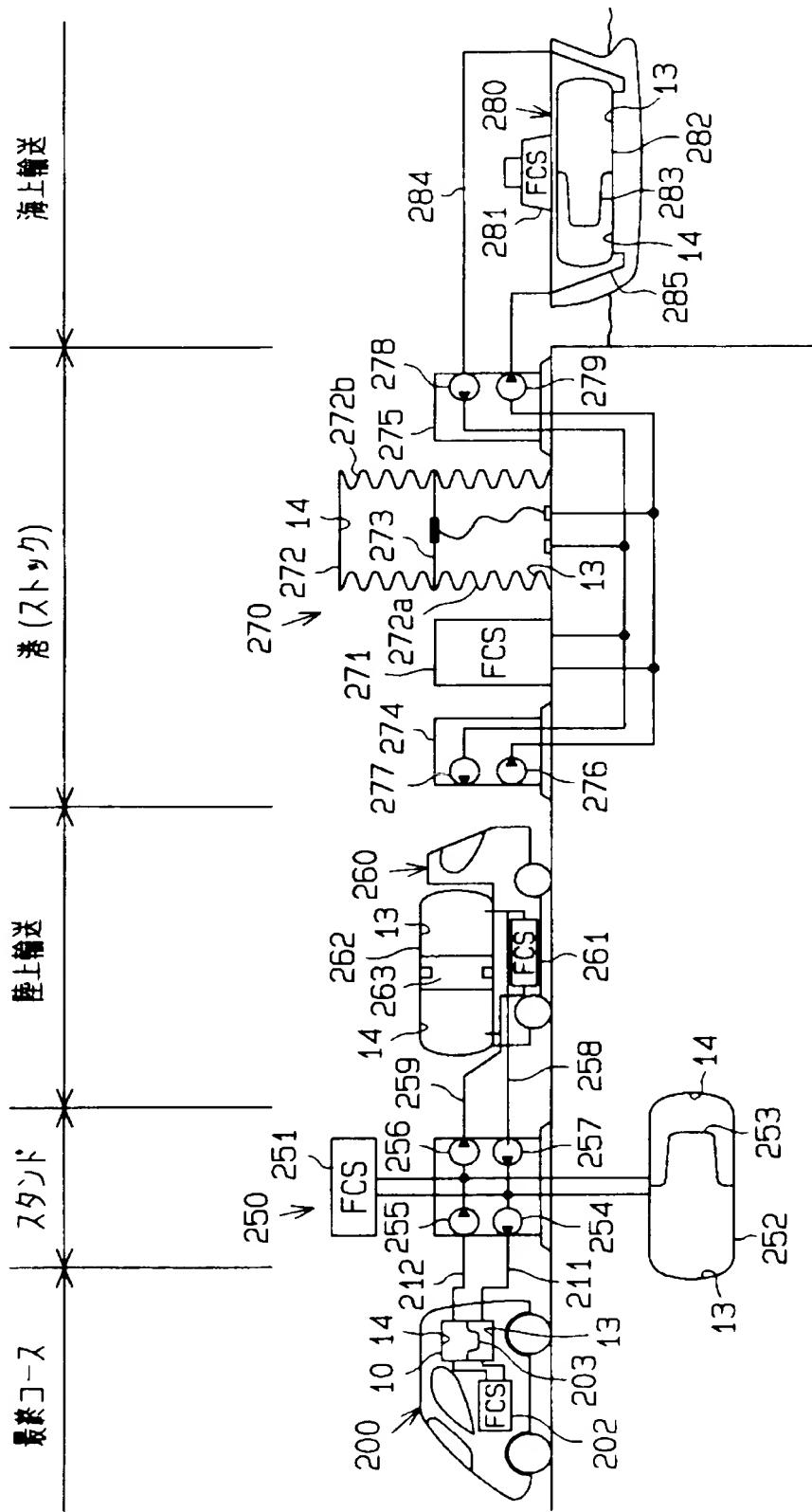
【図14】



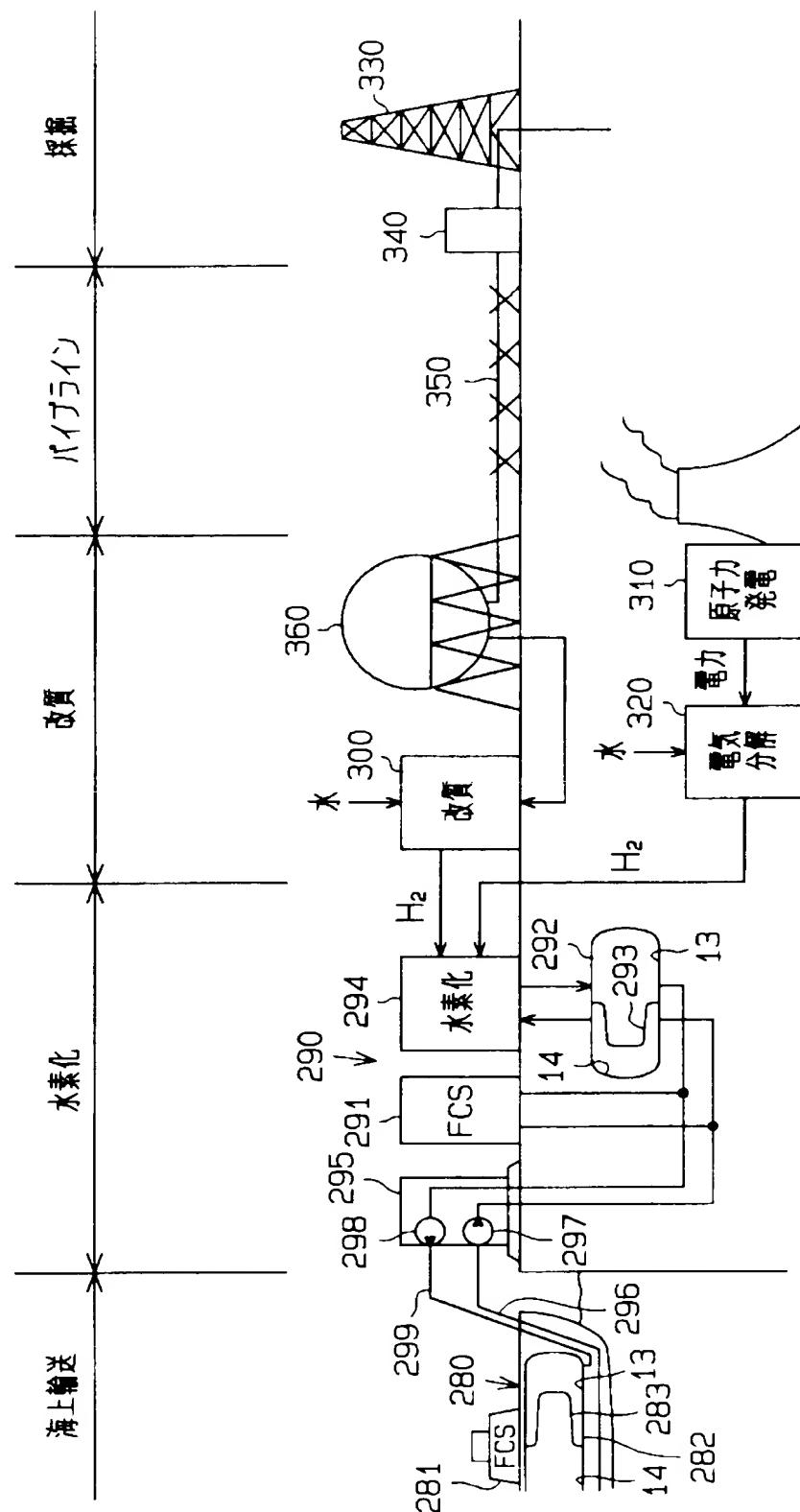
【図15】



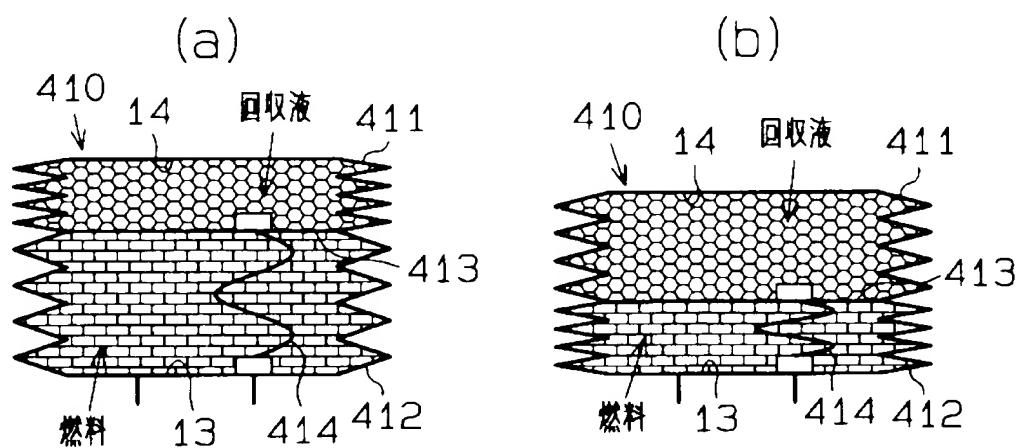
【图 16】



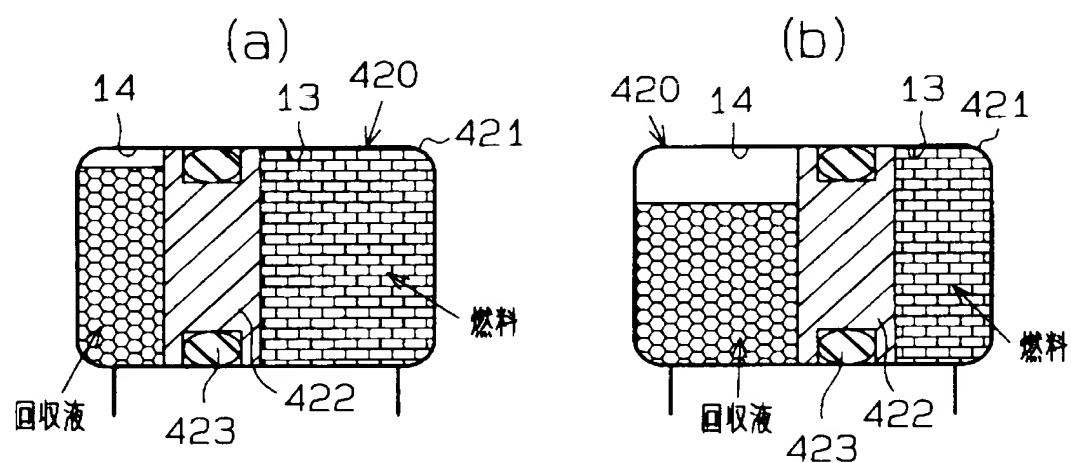
【図17】



【図18】



【図19】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 取り扱いに慣れた有機系液体燃料を使用して、比較的小型で、しかも燃料電池に純水素を供給できて地球温暖化で問題となる炭酸ガスをほとんど排出しない燃料電池用水素供給システムを提供する。

【解決手段】 燃料電池システムFCSの水素供給システム2は、イソプロピルアルコール(IPA)を燃料とする。補助タンク20内のIPAは脱水素反応器24で脱水素反応により水素とアセトンに分離する。水素化反応器26ではアセトンの水素化反応によりIPA、アセトン及び水素の平衡混合物が生成され、凝縮器27を通って補助タンク20にはIPAが液化分離される。さらに気相は凝縮器32を通って気液分離器33に送られ、気液分離器33ではアセトンと水素が気液分離される。水素は水素分離膜34を通って燃料電池1へ供給される。気液分離器33内のアセトン液はポンプ40により燃料タンク10の回収室14に回収され保管される。

【選択図】 図1

出願人履歴情報

識別番号 [000003218]

1. 変更年月日 1990年 8月11日

[変更理由] 新規登録

住 所 愛知県刈谷市豊田町2丁目1番地
氏 名 株式会社豊田自動織機製作所